

Grado en ODONTOLOGÍA

Trabajo Fin de Grado

Curso 2024-25

**INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD LUMÍNICA Y EL NÚMERO
DE APLICACIONES EN EL BLANQUEAMIENTO DENTAL
CON PHILIPS ZOOM! WHITESPEED: ESTUDIO PILOTO *IN
VITRO*.**

Presentado por: Elsa PISTRÉ

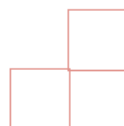
Tutor: Dr. Adela Hervás García

Campus de Valencia

Paseo de la Alameda, 7

46010 Valencia

universidadeuropea.com



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar ante todo mi más profunda gratitud a mi tutora Adela Hervás García, por su apoyo incondicional, sus constantes ánimos, su gran disponibilidad (incluso a horas poco comunes), el entusiasmo que siempre ha demostrado por el tema de mi investigación, así como por la calidad de sus consejos a lo largo de todo este trabajo. Me ha acompañado desde el principio hasta el final con benevolencia, rigor y paciencia, y supo devolverme la confianza en los momentos de duda. Este trabajo no habría sido el mismo sin ella.

También agradezco a Arantxa Climent Gil, cuya ayuda fue muy valiosa en momentos clave del avance de esta tesis, especialmente cuando las ideas se volvían más confusas. Su contribución permitió aclarar ciertos puntos y abrir nuevas vías de reflexión.

Un gran agradecimiento también a Fernanda Garzón Farinós, mi profesora, quien supo orientarme sobre los trámites a seguir, responder con claridad a mis numerosas preguntas y guiar mis primeros pasos en la realización de este trabajo.

Asimismo, deseo agradecer a mi familia por su apoyo incondicional, su presencia reconfortante y la confianza que siempre me han brindado. En los momentos de duda, supieron apoyarme, darme impulso y nunca me dejaron sola frente a las dificultades. Han sido un verdadero pilar a lo largo de este camino, y sé que siempre podré contar con ellos.

Finalmente, gracias a mis amigos, tanto aquí en Valencia como en Francia, por su escucha, sus consejos, su apoyo y su presencia tan valiosa. Apoyarnos mutuamente, motivarnos, entendernos: su compañía ha significado mucho más que palabras y me ha ayudado enormemente a llevar a cabo este trabajo. Estoy muy feliz de tenerlos en mi vida, y espero que esta hermosa complicidad dure mucho tiempo, tanto en los proyectos como en la vida.

ÍNDICE

1.	RESUMEN	1
2.	ABSTRACT	3
3.	PALABRAS CLAVES	5
4.	LISTADO DE SIMBOLOS Y SIGLAS	6
5.	INTRODUCCIÓN	7
5.1	IMPORTANCIA DEL BLANQUEAMIENTO DENTAL Y EL PAPEL DE LOS AGENTES BLANQUEADORES	7
5.2	CLASIFICACIÓN DE LAS DISCOLORACIONES DENTALES	8
5.3	EVOLUCIÓN DEL BLANQUEAMIENTO DENTAL	9
5.3.1	<i>Blanqueamiento interno</i>	10
5.3.2	<i>Blanqueamiento externo</i>	12
5.3.2.1	Blanqueamiento externo domiciliario	14
5.3.2.2	Blanqueamiento externo en clínica	16
6.	JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS	19
7.	OBJETIVOS	24
8.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	26
8.1	MATERIAL.....	26
8.1.1	<i>Diseño del estudio</i>	26
8.1.2	<i>Selección de la muestra</i>	26
8.1.3	<i>Tamaño muestral</i>	27
8.1.4	<i>Material empleado</i>	28
8.2	MÉTODO.....	28
8.2.1	<i>Descripción del procedimiento</i>	28
8.2.2	<i>Recogida de datos</i>	37
8.2.3	<i>Análisis estadístico</i>	39
9.	RESULTADOS	42
9.1	RESULTADOS DESCRIPTIVOS GENERALES.....	42
9.2	EVOLUCIÓN DE LA LUMINOSIDAD (L^*)	42
9.3	EVOLUCIÓN DE LA COORDENADA A^*	45
9.4	EVOLUCIÓN DE LA COORDENADA B^*	48
9.5	EVOLUCIÓN GLOBAL DE ΔE^*	51
10	DISCUSIÓN.....	56
10.1	DISCUSIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA	56

10.2	DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS	59
11.	CONCLUSIONES.....	70
11.1	CONCLUSIÓN PRINCIPAL	70
11.2	CONCLUSIONES SECUNDARIAS.....	70
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	72
13.	ANEXOS.....	77

1. RESUMEN

Introducción: El blanqueamiento dental es un tratamiento estético que mejora la apariencia dental. Este estudio evalúa la eficacia del sistema Philips Zoom! Whitespeed, comparando intensidades de luz LED y ciclos de aplicaciones. También se analiza la estabilidad del tono dental a lo largo del tiempo para optimizar los protocolos clínicos y reducir posibles efectos adversos.

Material y métodos: Se realizó un estudio piloto *in vitro* con 48 dientes anteriores humanos extraídos, distribuidos de forma controlada en cuatro grupos iguales ($n = 12$). Todas fueron tratadas con gel de peróxido de hidrógeno al 25 % (Philips Zoom! Whitespeed) y lámpara LED Zoom! Advanced Power, variando en intensidad (media o alta) y número de ciclos (tres o cuatro). El color dental se midió con espectrofotómetro antes, al finalizar, a los siete días y al mes. Se aplicó ANOVA de medidas repetidas, con significación estadística en $p < 0,05$.

Resultados: Se observó un aclaramiento dental significativo en todos los grupos ($\Delta E > 3,3$). El grupo B alcanzó el mayor ΔE inicial (18,9367), seguido del grupo C ($\Delta E = 14,0936$). El grupo D mostró la mejor estabilidad entre la semana y el mes, con un valor prácticamente constante e incluso un leve aumento ($\Delta E = 9,47591$ y $9,4764$). El grupo A presentó el menor ΔE (9,2021), pero con una evolución estable. Las diferencias entre grupos fueron significativas al final del tratamiento ($p = 0,003$), pero no se mantuvieron a lo largo del tiempo.

Conclusión: Todos los protocolos fueron eficaces. El grupo con alta intensidad y tres aplicaciones mostró el mayor efecto inicial, mientras que el de alta intensidad con cuatro aplicaciones presentó mayor estabilidad al mes. Se recomienda ampliar el seguimiento clínico para evaluar la duración real del efecto blanqueador.

2. ABSTRACT

Introduction: Teeth whitening is an aesthetic treatment that improves dental appearance. This study evaluates the effectiveness of the Philips Zoom! Whitespeed system by comparing LED light intensities and application cycles. It also analyzes shade stability over time to optimize clinical protocols and reduce potential adverse effects.

Materials and Methods: A pilot *in vitro* study was conducted with 48 extracted human anterior teeth, intentionally divided into four equal groups ($n = 12$). All samples were treated with 25% hydrogen peroxide gel (Philips Zoom! Whitespeed) and the Zoom! Advanced Power LED lamp, varying in intensity (medium or high) and number of cycles (three or four). Tooth color was measured with a spectrophotometer before treatment, at the end, after seven days, and after one month. Repeated measures ANOVA was applied, with statistical significance set at $p < 0.05$.

Results: A significant dental whitening effect was observed in all groups ($\Delta E > 3,3$). Group B achieved the highest initial ΔE (18,9367), followed by Group C ($\Delta E = 14,0936$). Group D showed the best stability between the one-week and one-month evaluations, with an almost constant value and even a slight increase ($\Delta E = 9,47591$ and $9,4764$). Group A recorded the lowest ΔE (9,2021), but with stable progression. Intergroup differences were significant at the end of treatment ($p = 0,003$) but did not persist over time.

Conclusion: All protocols were effective. The high-intensity group with three applications showed the greatest initial effect, while the high-intensity group with four applications demonstrated greater stability at one month. It is recommended to extend clinical follow-up to evaluate the actual duration of the whitening effect.

3. PALABRAS CLAVES

- blanqueamiento dental
- blanqueamiento dental
- blanqueamiento de dientes
- Philips Zoom Whitespeed
- blanqueamiento potente
- blanqueamiento dental *in vitro*
- blanqueamiento dental en clínica
- blanqueamiento dental con láser LED Esthetic Smile
- sonrisa estética

4. LISTADO DE SIMBOLOS Y SIGLAS

- LED: Diodo Emisor de Luz
- HP: Peróxido de Hidrógeno
- CP: Peróxido de Carbamida
- ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible
- IBM SPSS: Software estadístico IBM Statistical Package for the Social Sciences
- ANOVA: Análisis de la Varianza
- GLM: Modelo Lineal General
- ONEWAY: ANOVA de una vía
- CIELab: Sistema colorimétrico de la Comisión Internacional de la Iluminación
- SEM: Microscopía Electrónica de Barrido
- EDX: Espectroscopía de rayos X por dispersión de energía

5. INTRODUCCIÓN

5.1 Importancia del blanqueamiento dental y el papel de los agentes blanqueadores

Una sonrisa luminosa y blanca constituye un elemento clave en la estética del rostro y tiene una gran relevancia. Desempeña un papel esencial en la autoestima, las interacciones sociales e incluso en el bienestar mental de los individuos. Con la globalización y la rápida modernización en diversos ámbitos, hombres y mujeres prestan cada vez más atención a su apariencia, valorando cada detalle que pueda mejorarla. Cuando la apariencia de los dientes se ve comprometida por problemas dentales, esto puede provocar una disminución de la valoración personal y afectar negativamente tanto la salud física como la mental (1).

Para eliminar las manchas presentes en los dientes y devolverles un aspecto más blanco, el blanqueamiento dental constituye una solución eficaz. Este procedimiento engloba todos los métodos utilizados para aclarar el tono de un diente. Puede realizarse mediante la eliminación física de las manchas o mediante una reacción química destinada a aclarar la coloración del esmalte (2).

Para aclarar los dientes y eliminar los pigmentos responsables de su coloración, el blanqueamiento dental se basa en el uso de agentes específicos, llamados agentes blanqueadores, capaces de penetrar en los tejidos dentales y degradar los pigmentos orgánicos (3). Un agente blanqueador es una sustancia con la capacidad de modificar el color de los dientes, haciéndolos más claros o más cercanos al blanco. Este proceso actúa sobre la luminosidad, la tonalidad y la saturación del color de los dientes. Entre los agentes blanqueadores, se distinguen varias categorías según su modo de acción:

- Agentes oxidantes: Incluyen compuestos como el peróxido de hidrógeno, el peróxido de carbamida, el peróxido de sodio, el peróxido de magnesio, el perborato de sodio, el percarbamato de potasio, el monopersulfato de potasio, el ozono, el hipoclorito de sodio y el dióxido de cloro. Estos agentes actúan oxidando los pigmentos para volverlos incoloros.

- Agentes erosivos: Estas sustancias incluyen ácidos como el ácido clorhídrico, fluorhídrico, cítrico, ortofosfórico, poliacrílico, tartárico, maléico o etilendiaminotetraacético. Eliminan las manchas superficiales disolviendo ligeramente la superficie del esmalte.
- Agentes abrasivos: Se encuentran compuestos como el bicarbonato de sodio, el carbonato de calcio, el carborundo, el citrato de zinc, el citrato de sodio, la alúmina, el lactato de aluminio, los derivados del silicio, el fosfato de calcio dibásico, la piedra pómez, el pirofosfato tetrapotásico y el benzoato de sodio. Estos agentes eliminan mecánicamente las manchas en la superficie de los dientes.
- Agentes mixtos o de acción múltiple: Combinaciones como la citroxaina y la pirozona permiten acumular varias acciones para obtener un resultado más eficaz.
- Otros agentes: Sustancias como detergentes, agentes enmascarantes, enzimas (por ejemplo, la papaína) y agentes reductores complementan el arsenal de blanqueadores.

La transformación de estos agentes en productos blanqueadores combina estas sustancias con otros elementos para optimizar su formulación química. Esta combinación permite crear productos blanqueadores más seguros, más fáciles de usar, más rápidos en la obtención de resultados y, en general, más eficaces. Estos avances garantizan una mayor seguridad y eficacia, al tiempo que simplifican la aplicación tanto para los profesionales como para los pacientes (4). En particular, los agentes blanqueadores más utilizados son el HP y CP (3).

5.2 Clasificación de las discoloraciones dentales

Las manchas o discoloraciones dentales se manifiestan como una alteración en el color o la translucidez de uno o más dientes. Según su origen y localización, pueden clasificarse en manchas extrínsecas o intrínsecas. Identificar con precisión la etiología es fundamental para elegir el tratamiento más adecuado (3).

Las manchas extrínsecas, también conocidas como manchas externas, resultan de la acumulación de pigmentos en la superficie del esmalte y están principalmente asociadas a factores ambientales. Son comúnmente causadas por el consumo de bebidas

y alimentos pigmentados, como el café, el té o el vino, por hábitos como el tabaquismo, o por la exposición a ciertos antibióticos o metales, como el hierro y el cobre.

Por otro lado, las manchas intrínsecas, también denominadas internas, se forman en el esmalte o la dentina subyacente. Estas pueden estar relacionadas con anomalías en el desarrollo, como la fluorosis dental o la amelogénesis imperfecta, o ser causadas por factores como la genética, el envejecimiento (el desgaste del esmalte que expone una dentina más amarilla), la exposición a ciertos antibióticos, concentraciones elevadas de flúor o trastornos del desarrollo, y pueden aparecer antes de la erupción de los dientes. Después de la erupción, otras causas, como traumas pulpares, necrosis, materiales endodónticos residuales o ciertas restauraciones dentales, también pueden provocar manchas intrínsecas.

Para corregir estas discoloraciones dentales, se pueden emplear dos tipos principales de blanqueamiento: el blanqueamiento externo y el blanqueamiento interno. La elección del método depende de la vitalidad del diente y de la naturaleza de las discoloraciones (2,3).

5.3 Evolución del blanqueamiento dental

La historia del blanqueamiento dental se remonta a 1848, cuando se introdujeron las primeras técnicas para tratar las discoloraciones de los dientes no vitales. Estos métodos iniciales empleaban cal clorada como agente blanqueador. En 1864, Truman perfeccionó esta técnica al proponer una solución más efectiva, compuesta de cloro y ácido acético, específicamente diseñada para blanquear dientes no vitales. Hacia finales del siglo XIX, se diversificó el uso de agentes blanqueadores, incluyendo cianuro de potasio, ácido oxálico, ácido sulfuroso, cloruro de aluminio, hipofosfato de sodio, pirozona, dióxido de hidrógeno y peróxido de sodio. Estas sustancias demostraron ser eficaces para mejorar la estética de los dientes discolorados. Además, en 1868, las técnicas de blanqueamiento se adaptaron para dientes vitales, incorporando agentes como el ácido oxálico, la pirozona y, posteriormente, el HP (5).

La evolución de las técnicas para dientes no vitales continuó con avances significativos. En 1884, Harlan introdujo el uso de HP para blanquear dientes desvitalizados, una técnica que fue mejorada en 1918 por Abbott, quien empleó Superoxol (HP al 30%) combinado con rayos luminosos eléctricos. En 1924, Prinz propuso una nueva aproximación utilizando soluciones calentadas de perborato de sodio y Superoxol en el espacio pulpar. Un hito importante en la evolución del blanqueamiento interno fue el desarrollo de la técnica "walking bleach" por Salvas en 1938 y Spasser en 1961. Posteriormente, en 1963, se introdujeron mejoras en su composición para aumentar su eficacia, lo que llevó a una optimización del procedimiento. En la década de 1960, un ortodoncista observó que el uso de CP al 10% en una férula para tratar la gingivitis también producía un blanqueamiento de los dientes. Este descubrimiento llevó a Haywood y Heymann (1989) a desarrollar y describir el uso de férulas de blanqueamiento combinadas con CP al 10% para aclarar eficazmente el color de los dientes vitales. Este procedimiento marcó un avance significativo en las técnicas modernas de blanqueamiento dental (6).

5.3.1 Blanqueamiento interno

El blanqueamiento interno está indicado para dientes no vitales, es decir, aquellos que han sufrido una patología pulpar o un tratamiento endodóntico. con patología pulpar o tratamiento endodóntico. Dado que este tipo de discoloración es frecuente, se emplean técnicas específicas. Las técnicas de activación química consisten en introducir un agente blanqueador e en la cámara pulpar para aclarar los pigmentos internos. Otros métodos, como las técnicas de activación química pasiva, permiten una aplicación más suave del producto sin activación externa. Finalmente, las técnicas fotoactivadas emplean una luz específica para activar el agente blanqueador, mejorando su eficacia en ciertos casos (4).

Independientemente de la técnica elegida, es imprescindible garantizar la hermeticidad del conducto radicular antes de proceder con el blanqueamiento para optimizar la efectividad del tratamiento y evitar complicaciones. El agente blanqueador

se aplica en la cavidad cameral y debe estar sellado con dos obturaciones: una a nivel de la unión amelo-cementaria, aislando el blanqueamiento del tratamiento endodóntico, y otra después de la aplicación del agente blanqueador, que protege la cámara del medio bucal (7).

Además de la preparación mecánica de la cavidad cameral, la elección del agente blanqueador es un factor clave para la eficacia y seguridad del tratamiento. Durante años, el perborato de sodio fue el producto más utilizado debido a su acción progresiva y menor riesgo de reabsorción cervical en comparación con el HP. Sin embargo, su prohibición en 2013 por toxicidad llevó a su sustitución por CP (10-35%) y HP al 35%, aunque su uso sin un protocolo adecuado podría aumentar el riesgo de reabsorción cervical (7).

Una vez seleccionado el agente blanqueador, se debe elegir la técnica de aplicación más adecuada. Las más empleadas son la técnica walking bleach y el blanqueamiento interno-externo (inside-outside bleaching), cuya elección depende de las necesidades del paciente y su grado de colaboración (3).

- **"Walking bleach":** Históricamente, esta técnica se basaba en una mezcla de perborato de sodio y agua, lo que la convertía en el método más utilizado para el blanqueamiento interno de dientes obturados. Una variante con HP al 30-35% fue descrita en un estudio realizado por Nutting & Poe en 1963, aunque su uso ha disminuido debido al mayor riesgo de reabsorción cervical. Sin embargo, sigue siendo una técnica preferida porque la cavidad de acceso se sella, evitando así la necesidad de férulas domiciliarias (6).

- Las técnicas de blanqueamiento "inside-outside bleaching" se dividen en dos categorías:

- **Blanqueamiento interno-externo cerrado ("inside-outside closed bleaching"):** Según Haywood y DiAngelis de 2010, esta técnica combina el método walking bleach con un blanqueamiento externo para acelerar el proceso y reducir el número de sesiones. No obstante, suele completarse en una a tres visitas, por lo que este paso adicional no siempre es necesario (6).

- **Blanqueamiento interno-externo abierto ("inside-outside open bleaching"):**
Descrito por Liebenberg (1997), Poyser y cols. (2004), Settembrini y cols. (1997) y Greenwall-Cohen & Greenwall (2019), este método permite aplicar el agente blanqueador simultáneamente en la cámara pulpar y la superficie dental. La cavidad de acceso se mantiene abierta con una base protectora en la obturación radicular, y el paciente reaplica el blanqueador (CP al 10%) cada 4-6 horas con control a los 2-3 días. No obstante, presenta riesgo de acumulación de residuos, lo que puede complicar el tratamiento (6).

Las técnicas "walking bleach" e "inside-outside bleaching" han demostrado ser eficaces, aunque la primera es más sencilla y la segunda requiere mayor colaboración del paciente (3). En general, el blanqueamiento interno es más predecible en casos de discoloración por traumatismo o necrosis. Además, según Leith y cols en 2009, la técnica inside-outside no presenta complicaciones significativas cuando se utilizan bajas concentraciones de HP sin activación térmica (6).

Como en cualquier procedimiento clínico, es importante considerar los efectos adversos. El más relevante es la reabsorción cervical externa, así como el debilitamiento de la estructura dental, lo que puede aumentar el riesgo de fractura coronaria (7).

5.3.2 Blanqueamiento externo

El blanqueamiento externo, destinado a los dientes vitales, es especialmente eficaz en casos de coloraciones de origen intrínseco. Puede realizarse tanto en clínica como en el hogar.

En el ámbito clínico, existen diversas técnicas. Una de ellas es la aplicación directa, en la que el producto blanqueador se coloca sobre la superficie dental con un aplicador. La técnica quimioactivada se basa en la activación química del agente blanqueador para potenciar su eficacia. Algunos métodos, como la activación química

con matriz, utilizan una matriz para mantener el producto en contacto con los dientes y optimizar el resultado.

Además de la activación química, algunas técnicas incorporan el uso de luz. La fotoactivación, por ejemplo, emplea una iluminación específica para acelerar el proceso. Otra variante es la fotoactivación con matriz, que combina la acción de la luz con una matriz para mejorar la estabilidad y eficacia del tratamiento (4,7).

Independientemente de la técnica utilizada, el agente blanqueador se aplica externamente sobre la cara vestibular del esmalte, que actúa como membrana semipermeable, facilitando la difusión del producto hasta la matriz esmalte-dentina. El HP es el blanqueador más utilizado por sus propiedades astringentes y desinfectantes, aunque en la práctica se prefiere el CP, ya que libera progresivamente HP, permitiendo una acción más controlada. Para mejorar su aplicación, se diluye generalmente en glicerina y se presenta en gel con concentraciones entre 10 y 37%, a menudo estabilizado con soluciones ácidas. Además, la adición de carbopoles aumenta su viscosidad y retrasa su degradación en contacto con la saliva (7).

En el contexto del blanqueamiento domiciliario, varias opciones están también disponibles para los pacientes. Uno de los métodos más simples es el uso de dentífricos blanqueadores durante el cepillado. Otras alternativas incluyen la aplicación de barnices blanqueadores sobre los dientes o el uso de tiras plásticas impregnadas con gel blanqueador, que se colocan directamente sobre los dientes. Finalmente, las férulas también son ampliamente utilizadas, siendo las prefabricadas una solución estándar y las personalizadas una alternativa más precisa y eficaz (4).

A pesar de su eficacia, estas técnicas pueden causar efectos secundarios, siendo la hipersensibilidad dentaria el más frecuente. Puede aparecer durante el tratamiento o poco después, incluso con bajas concentraciones de CP (10%), y es una de las principales causas de insatisfacción. Según un estudio de Haywood y cols. en 1994, entre el 15 y el 65% de los pacientes tratados con CP al 10% experimentaron sensibilidad en los cuatro días posteriores, lo que en algunos casos llevó a la interrupción del tratamiento (2,6-7).

La hipersensibilidad se manifiesta de diversas formas, generalmente a través de dolores intensos pero breves, provocados por estímulos térmicos (frío, calor), osmóticos (azúcar), químicos (ácidos), táctiles (cepillado, uñas) o mecánicos (aspiración, chorro de aire). Es particularmente pronunciada en pacientes con recesiones gingivales, restauraciones múltiples o sensibilidad preexistente (7,8).

Existen dos mecanismos principales que explican esta reacción. Por un lado, la deshidratación del diente que, según la teoría hidrodinámica de Brännström (1963), altera el flujo de fluidos dentinarios, estimulando las terminaciones nerviosas y provocando dolor. Por otro lado, la leve penetración del HP en la pulpa puede causar una inflamación transitoria, aumentando la incomodidad (6-8). Para reducir la sensibilidad, se recomienda disminuir la concentración y el tiempo de aplicación, espaciar las sesiones y usar dentífricos fluorados o con nitrato de potasio. Generalmente, desaparece en 48 horas tras suspender el tratamiento, sin dejar secuelas. Otros efectos adversos incluyen irritaciones gingivales leves, alteraciones temporales del esmalte y modificaciones menores en restauraciones, generalmente reversibles (2,6-7).

Finalmente, el resultado del blanqueamiento depende de las características propias de cada diente. Contrariamente a la idea extendida de que todos los tratamientos logran el mismo nivel de blanqueamiento, algunas técnicas más agresivas pueden provocar deshidratación y desmineralización, proporcionando un aclaramiento temporal a costa de una alteración de la estructura dental (2).

5.3.2.1 Blanqueamiento externo domiciliario

Hoy en día, los pacientes pueden optar por blanqueamiento dental en clínica o domiciliario.

El blanqueamiento domiciliario emplea productos de baja concentración y se realiza con férulas personalizadas que mantienen el agente blanqueador en contacto con el esmalte (5,8).

Inicialmente, se usaba CP al 10% aplicado durante 6 a 8 horas por la noche. Actualmente, existen geles con concentraciones de hasta 20% de CP y de 3 a 10% de HP, permitiendo aplicaciones más cortas durante el día (5). Dependiendo de la concentración, las férulas pueden usarse durante 8 horas por la noche con 10 a 16% de CP o durante 30 min a 2 horas en el día con concentraciones generalmente superiores al 16% (8).

El blanqueamiento domiciliario es una opción segura y predecible para discoloraciones leves o moderadas, aunque también puede utilizarse en casos más severos cuando el blanqueamiento en clínica no es viable (4). Aunque el 80% de los resultados son visibles en los primeros cinco días, se recomienda completar el tratamiento, que suele durar 10 días, pero puede extenderse según la necesidad (8). Para minimizar la sensibilidad y las molestias temporales, se recomiendan geles con agentes desensibilizantes o remineralizantes (9). Mantener una buena higiene bucal y realizar limpiezas regulares ayuda a prolongar los resultados, aunque estos no son definitivos (8).

El blanqueamiento domiciliario destaca por su facilidad de uso, menor costo y reducción de visitas al odontólogo, aunque requiere disciplina. Puede combinarse con el blanqueamiento en clínica para acelerar los resultados, aunque los estudios indican que a largo plazo la diferencia no es significativa (2,5).

Una tercera opción consiste en productos de “venta libre”, como pastas dentales blanqueadoras, tiras, enjuagues bucales o férulas prefabricadas, que contienen bajas concentraciones de agentes blanqueadores. Son una alternativa económica con efectos más sutiles. Según Leonard y cols. en 2000, el blanqueamiento nocturno con férulas sigue siendo una técnica segura con efectos secundarios leves y transitorios (5).

5.3.2.2 Blanqueamiento externo en clínica

El blanqueamiento en clínica es un método de referencia en odontología. Reconocido por su fiabilidad y rapidez de resultados, el blanqueamiento en consultorio se diferencia de las técnicas domiciliarias, que requieren más tiempo y ofrecen un menor control. Está especialmente indicado para discoloraciones severas o muy severas, ya que emplea productos con concentraciones de HP entre el 25 y el 40%.

Si bien suelen utilizarse concentraciones elevadas, también existen modalidades con dosis más bajas, adaptadas a las necesidades de cada paciente (1,4). Gracias a este enfoque profesional, es posible obtener un aclaramiento eficaz en menos tiempo que con los productos de venta libre. Por lo tanto, debido a las altas concentraciones de HP empleadas en este procedimiento, se protege la encía antes de la aplicación del producto para evitar daños en los tejidos gingivales. Este enfoque profesional minimiza los riesgos y asegura resultados estéticos visibles en poco tiempo (1,2).

Antes de iniciar el procedimiento de blanqueamiento, es esencial realizar una preparación minuciosa de los dientes. Esta preparación incluye la eliminación de la placa dental mediante ultrasonidos, pasta abrasiva sin colorantes aplicada con un cepillo o copa de goma, o un chorro de aire y agua a presión combinado con bicarbonato (4). Una vez completados estos pasos preliminares, se aplican agentes blanqueadores sobre los dientes. Estos productos pueden activarse químicamente o mediante luz, lo que aumenta su eficacia.

Además de la activación química, las técnicas de blanqueamiento activadas por luz se utilizan desde hace más de un siglo. Entre ellas, las técnicas 'power', introducidas en 1910, emplean calor o luz para activar la descomposición de los productos a base de peróxido, aumentando la liberación de radicales libres oxigenados. Estudios como los de Kashima-Tanaka (2003) y Maran (2018) han confirmado su eficacia (6).

Entre las fuentes de luz más utilizadas en blanqueamiento dental se encuentran los diodos emisores de luz (LED), las lámparas de arco de plasma, las lámparas halógenas y los láseres, según Ontiveros en 2011 (1,6). Actualmente, la combinación de geles

blanqueadores con irradiación LED o láser se ha convertido en una práctica común, ya que la luz absorbida por el gel se transforma en energía térmica, optimizando así el proceso de blanqueamiento. Investigaciones recientes han demostrado que el uso de LED violetas (405 ± 10 nm) y azules (450 ± 10 nm), así como de láseres, estimulan una mayor producción de radicales libres, los cuales interactúan eficazmente con la estructura dental y permiten reducir el tiempo de aplicación del producto (10).

Desde la década de 1980, los LED azules se han convertido en una herramienta indispensable en odontología, especialmente en el endurecimiento de composites de resina. Su aplicación en blanqueamiento dental ha evolucionado con la incorporación de colorantes específicos como el caroteno (naranja-rojo) en los geles blanqueadores, lo que mejora la absorción de luz y optimiza su efecto. Por otro lado, los LED violetas inducen un aclaramiento físico al desestabilizar los cromóforos, pero su rendimiento es significativamente mayor cuando se combinan con peróxidos. La interacción entre la luz y el agente blanqueador depende en gran medida de la composición y el color del gel utilizado, influyendo directamente en la eficacia del proceso (9-10).

En la práctica clínica, diversos sistemas han integrado estas tecnologías lumínicas para mejorar la eficacia del blanqueamiento. Entre ellos, destaca el sistema Philips Zoom! Whitespeed por su eficacia e innovación. Este sistema combina su propio gel blanqueador a base de HP al 25% (Zoom! Advanced Power whitening gel, Discus Dental, Inc.) con su lámpara LED Zoom! Advanced Power, que emite longitudes de onda en el ultravioleta y la luz azul visible.

Una sesión típica comienza con el aislamiento de los tejidos gingivales y otros tejidos blandos de la cavidad oral. Posteriormente, se aplica el gel Philips Zoom! al 25 % de HP sobre los dientes, que luego son expuestos a la lámpara LED integrada. Cada ciclo consiste en una exposición de 15 minutos a la luz, seguida del reemplazo del gel por una nueva aplicación. Este proceso se repite entre 3 y 4 veces en una misma sesión. Para garantizar una estabilidad óptima del tono obtenido, el sistema Philips Zoom! Whitespeed suele complementarse con un protocolo de blanqueamiento domiciliario.

Este dispositivo proporciona una solución completa y eficaz para el blanqueamiento en clínica, logrando una mejora promedio de aproximadamente ocho tonos (9-11).

Los sistemas de blanqueamiento dental generan considerable interés debido a su eficacia y seguridad. Sin embargo, algunas preocupaciones relacionadas con la sensibilidad dental y la irritación de tejidos blandos persisten. A pesar de su popularidad, los sistemas de blanqueamiento activados por luz todavía presentan limitaciones en cuanto a evidencia clínica controlada sobre su eficacia y seguridad. Esto subraya la importancia de continuar con investigaciones en este ámbito para optimizar su uso y garantizar resultados óptimos (12).

6. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS

JUSTIFICACIÓN

El blanqueamiento dental se ha consolidado como un tratamiento de referencia en odontología estética debido a su capacidad para mejorar la apariencia de los dientes de forma no invasiva y relativamente rápida. Entre los numerosos sistemas disponibles, el Philips Zoom! Whitespeed destaca por combinar un gel de HP al 25 % con una lámpara LED activadora. Si bien su eficacia está ampliamente reconocida, es necesario profundizar en variables como la intensidad de la luz, el número de aplicaciones y su impacto en la sensibilidad dental, el confort del paciente y la durabilidad de los resultados, con el objetivo de optimizar la práctica clínica y minimizar los efectos secundarios (9, 12,13).

En la literatura, la mayoría de estudios con el sistema Zoom! se han centrado en protocolos estándar de tres o cuatro ciclos a alta intensidad, sin explorar comparativamente diferentes configuraciones. Además, el seguimiento suele limitarse a las primeras 24 horas, lo que deja sin resolver la cuestión de la estabilidad real del aclaramiento con el paso del tiempo (10). Incluso en los casos donde se extiende hasta siete días, no se proporciona una evaluación detallada a medio plazo (14-17). Algunos trabajos recientes muestran que, aunque el cambio de color inmediato suele ser elevado, su evolución posterior puede variar según la intensidad de luz y la activación del peróxido (17,18). Sin embargo, estas investigaciones no comparan de forma sistemática múltiples combinaciones de intensidad y número de aplicaciones, lo que refuerza la pertinencia del presente trabajo.

Analizar la evolución del aclaramiento hasta un mes después del tratamiento permite prever su eficacia real, evitar falsas expectativas y reducir la ansiedad del paciente ante la recidiva del color. Mejorar la predictibilidad de los resultados facilita la toma de decisiones clínicas y aumenta la satisfacción general del paciente, promoviendo así su bienestar físico y emocional. En esta línea, el estudio de Lilaj y cols. (2019) mostró que el grado de aclaramiento puede seguir evolucionando más allá de los primeros días postratamiento, lo que refuerza la importancia de un seguimiento prolongado. Aunque

en su caso se utilizaron dientes bovinos, lo que limita la extrapolación directa a humanos, los hallazgos sugieren que ciertos efectos, como la acción residual del peróxido o la rehidratación progresiva del esmalte, podrían alterar los resultados iniciales (19). Por ello, evaluar estos parámetros bajo condiciones *in vitro* controladas en dientes humanos resulta esencial para estimar con mayor precisión la durabilidad real del tratamiento.

Esta investigación busca mejorar los protocolos de blanqueamiento asistidos por LED, evaluando la eficacia del sistema Philips Zoom! Whitespeed en dientes extraídos. La innovación en estos sistemas de blanqueamiento es clave para garantizar tratamientos más predecibles y efectivos, reduciendo las limitaciones actuales y favoreciendo el desarrollo de técnicas odontológicas más avanzadas (ODS 9 - Industria, innovación e infraestructura).

En la práctica clínica, la elección del protocolo de blanqueamiento debe tener en cuenta la sensibilidad dental, el bienestar del paciente y la estabilidad a largo plazo de los resultados. La estética dental influye directamente en la confianza en sí mismo y en la percepción social, ya que los dientes blancos y saludables se asocian con juventud, salud y atractivo. Optimizar estos tratamientos ayuda a minimizar efectos adversos como la hipersensibilidad y a garantizar resultados predecibles y estables, promoviendo así el bienestar general del paciente (ODS 3 - Salud y bienestar).

Por otro lado, reducir el número de ciclos de activación y la cantidad de producto empleado sin comprometer la eficacia contribuye a una odontología más sostenible. Este enfoque minimiza el desperdicio de materiales y optimiza el uso de recursos, alineándose con la necesidad de una práctica clínica más responsable (ODS 12 - Producción y consumo responsables).

Finalmente, los hallazgos de esta investigación no solo optimizarán los tratamientos clínicos, sino que también enriquecerán la formación en odontología estética. Proporcionar evidencia científica sobre la efectividad de los protocolos de blanqueamiento permitirá mejorar la educación en el área y promover la actualización constante en el uso de nuevas tecnologías (ODS 4 - Educación de calidad).

Para abordar estas cuestiones, este estudio tiene como objetivo comparar cuatro protocolos específicos utilizando el sistema Philips Zoom! Whitespeed:

1. Intensidad luminosa alta aplicada en tres ciclos de activación.
2. Intensidad luminosa media aplicada en tres ciclos de activación.
3. Intensidad luminosa alta aplicada en cuatro ciclos de activación.
4. Intensidad luminosa media aplicada en cuatro ciclos de activación.

Con el fin de estructurar esta investigación, se llevó a cabo un estudio *in vitro* basado en un enfoque PICO (Población, Intervención, Comparación, Resultado):

"En dientes anteriores naturales extraídos, ¿el blanqueamiento con el sistema Philips Zoom! Whitespeed, utilizando un gel de HP al 25 %, aplicado en tres ciclos de activación luminosa, produce un cambio de color comparable al obtenido con cuatro ciclos de activación luminosa, para intensidades altas y medias, cuando se evalúa inmediatamente después del tratamiento, a la semana y un mes más tarde utilizando un espectrofotómetro?"

- **P (Población):** Dientes anteriores naturales extraídos.
- **I (Intervención):** Blanqueamiento con el sistema Philips Zoom! Whitespeed utilizando su propio gel de HP al 25 %, con tres aplicaciones bajo intensidades media y alta.
- **C (Comparación):** Blanqueamiento con el sistema Philips Zoom! Whitespeed utilizando su propio gel de HP al 25 %, con cuatro aplicaciones con intensidades media y alta.
- **O (Resultado):** Cambio en la tonalidad dental medido con un espectrofotómetro, con una evaluación inmediata, a la semana y un seguimiento a un mes.

Esta investigación busca no solo analizar los resultados inmediatos, sino también evaluar la estabilidad del color dental en un período prolongado. Con ello, pretende contribuir a la literatura existente sobre el uso de sistemas de blanqueamiento asistidos por LED, ofreciendo perspectivas concretas para mejorar la seguridad, eficacia y comodidad de los tratamientos en clínica. Los resultados obtenidos aspiran a proporcionar información

práctica y basada en evidencia para guiar a los profesionales en la elección del protocolo más adecuado.

HIPÓTESIS

Nuestra hipótesis se basa en que un protocolo con tres activaciones lumínicas podría ofrecer resultados similares a los obtenidos con cuatro activaciones lumínicas. Esto mejoraría el confort del paciente durante y después del tratamiento, optimizando potencialmente la experiencia global del blanqueamiento.

- **Hipótesis nula (H0):** No existen diferencias significativas en los resultados del blanqueamiento dental, evaluados mediante la modificación del tono dental y su estabilidad a lo largo de un mes, entre los protocolos que utilizan tres ciclos de activación lumínica y aquellos que emplean cuatro ciclos, con intensidad alta o media, utilizando el sistema Philips Zoom! Whitespeed.
- **Hipótesis alternativa (Ha):** Existen diferencias significativas en los resultados del blanqueamiento dental, evaluados mediante la modificación del tono dental y su estabilidad a lo largo de un mes, entre los protocolos que utilizan tres ciclos de activación lumínica y aquellos que emplean cuatro ciclos, con intensidad alta o media, utilizando el sistema Philips Zoom! Whitespeed.

7. OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio experimental *in vitro* es:

- Evaluar la eficacia del sistema de blanqueamiento Philips Zoom! Whitespeed como solución para el blanqueamiento dental, aplicando el tratamiento en superficies externas de dientes anteriores extraídos.

Los objetivos secundarios de este estudio experimental *in vitro* son:

- Comparar los resultados del cambio de tono dental en función de la intensidad de la lámpara Philips Zoom! Power (media o alta) y del número de ciclos de activación lumínica (tres o cuatro) tras su aplicación.
- Analizar la estabilidad del tono dental a la semana y al mes de su aplicación.

8. MATERIAL Y MÉTODOS

8.1 Material

8.1.1 *Diseño del estudio*

El estudio fue diseñado como una investigación experimental *in vitro* piloto, con un enfoque descriptivo y analítico, siguiendo una adaptación de las guías ARRIVE modificada con la CONSORT (20) para estudios *in vitro* (Anexo I).

La fase experimental se llevó a cabo en un laboratorio ubicado en un edificio de la Universidad Europea de Valencia. El laboratorio contaba con iluminación natural procedente de las ventanas, complementada con iluminación artificial instalada en la sala. Las condiciones ambientales fueron estrictamente controladas para garantizar la fiabilidad de los resultados, manteniendo una temperatura estable a nivel ambiente y evitando niveles excesivos de humedad, eliminando así variaciones debidas a factores externos. El estudio, realizado en febrero de 2025, se centró en dientes extraídos del sector anterior superior e inferior (incisivos y caninos) de adultos humanos.

La realización del proyecto fue autorizada por la Dirección de Clínicas y del Departamento de Odontología Preclínica de la Universidad Europea de Valencia. El permiso fue concedido por la Dra. Anabel Gramatges Rojas el 3 de febrero de 2025, para su ejecución en las instalaciones del área preclínica de dicha universidad (Anexo II).

Conflicto de intereses:

El sistema de blanqueamiento Philips Zoom! Whitespeed utilizado en este estudio fue proporcionado por la Universidad Europea de Valencia. No se recibió financiación externa.

8.1.2 *Selección de la muestra*

Los dientes seleccionados para la muestra debían cumplir con criterios de inclusión y exclusión claramente definidos.

Criterios de inclusión:

- Dientes naturales provenientes de pacientes adultos.
- Dientes permanentes del sector anterior (incisivo central, incisivo lateral, canino).
- Dientes recientemente extraídos.
- Integridad completa de la corona dental.

Criterios de exclusión:

- Dientes con caries o restauraciones.
- Hipoplasia o hipomineralización del esmalte.
- Anomalías superficiales del esmalte (fisuras o fracturas).
- Dientes que hayan recibido tratamiento endodóntico.
- Dientes con opacidades.
- Dientes temporales.

8.1.3 Tamaño muestral

Este proyecto fue concebido como un estudio piloto *in vitro*, utilizando 48 dientes anteriores humanos extraídos, distribuidos en cuatro grupos experimentales de 12 dientes cada uno ($n = 12$). Cada grupo incluía un número igual de incisivos centrales, incisivos laterales y caninos, lo que permitió asegurar la homogeneidad de las muestras y una representatividad óptima.

El diseño experimental adoptado fue multifactorial, combinando dos niveles de intensidad lumínica (media y alta) y dos configuraciones del número de ciclos de aplicación (tres o cuatro). Se realizaron mediciones del color dental en tres momentos: antes del tratamiento, a los 7 días y al mes.

Grupos experimentales:

- **n1 (Grupo A):** Intensidad media con tres activaciones lumínicas.
- **n2 (Grupo B):** Intensidad alta con tres activaciones lumínicas.
- **n3 (Grupo C):** Intensidad media con cuatro activaciones lumínicas.
- **n4 (Grupo D):** Intensidad alta con cuatro activaciones lumínicas.

8.1.4 Material empleado

- **Materiales para la preparación de los dientes y del operador:**

Bata, guantes, mascarilla, bandeja de plástico, gafas de protección para el operador.

Aspirador con punta, rollos de algodón, compresas de gasa para la manipulación de los dientes.

- **Materiales para la limpieza de los dientes:**

Cureta periodontal Gracey número 1/2 (Hu-Friedy), pasta abrasiva a base de piedra pómez, cepillo profiláctico para contra-ángulo, contra-ángulo.

- **Solución para la conservación de los dientes:**

Agua destilada y solución de timol al 0,5 %.

- **Materiales para el corte de los dientes:**

Discos diamantados y contra-ángulo.

- **Material para la coloración de los dientes:**

Solución de té negro (500 ml de agua y 16 gramos de té negro).

- **Materiales para la preparación de bases y férulas:**

- Bases: Resina acrílica fotopolimerizable (Techno Tray).
- Férulas: termoformadora, láminas de termoformado de 0,4 mm de grosor, bisturí, sacabocados.

- **Materiales para el blanqueamiento dental:**

- Gel de HP al 25 % (Zoom! Advanced Power Whitening Gel, Discus Dental, Inc.).

- Lámpara Zoom! Advanced Power Whitening Lamp (Discus Dental, Inc.).

- **Material para la medición del color dental:**

Espectrofotómetro (Vita Easy Shade).

- **Material para la recopilación de datos:**

MacBook Air 2023, Excel (versión de 64 bits, Microsoft365).

8.2 Método

8.2.1 Descripción del procedimiento

El estudio se llevó a cabo en dos fases experimentales diferenciadas: La primera fase consistió en la preparación de las muestras dentales, mientras que la segunda fase implicó el proceso de blanqueamiento con el sistema Philips Zoom! Whitespeed.

1ª FASE : Preparación de las muestras dentales

- **Selección de los dientes**

Los dientes anteriores fueron cuidadosamente examinados, y aquellos que no cumplían con los criterios de inclusión previamente establecidos fueron descartados.

- **Conservación de las muestras**

Para evitar cualquier contaminación que pudiera alterar el color inicial de los dientes, estos se conservaron en agua destilada antes del inicio de la experimentación. Una vez seleccionados, se sumergieron en una solución de timol al 0,5 %, debido a sus propiedades antisépticas y desinfectantes.

- **Limpieza de los dientes**

Se realizó una primera limpieza manual con una cureta Gracey nº1/2 (Hu-Friedy) para eliminar los depósitos presentes en la superficie dental. Luego, se llevó a cabo una limpieza mecánica utilizando un cepillo profiláctico montado en una pieza de mano de contra-ángulo a baja velocidad. Para optimizar la eliminación de impurezas y manchas superficiales, se aplicó una pasta abrasiva junto con piedra pómez durante esta etapa.

- **Preparación**

Según los protocolos establecidos en varios estudios, las muestras dentales fueron preparadas mediante el seccionamiento de los dientes a nivel de la raíz, a 2 mm por debajo de la unión amelocementaria, utilizando un disco diamantado montado en un contra-ángulo a baja velocidad. Solo se conservaron las coronas dentales para las fases experimentales posteriores.

- **Asignación de grupos experimentales**

Tras la preparación de las coronas dentales, las 48 muestras fueron distribuidas aleatoriamente en cuatro grupos experimentales de 12 dientes cada uno ($n = 12$), garantizando una proporción equilibrada de incisivos centrales, laterales y caninos en cada grupo.



Imagen 1 : Coronas dentales seccionadas y preparadas para su asignación a los distintos grupos experimentales.

- **Coloración**

Todas las piezas dentales previamente seccionadas se conservaron en una solución de timol al 0,5 % hasta el inicio del protocolo de blanqueamiento, con el objetivo de evitar cualquier tipo de contaminación.

Antes de aplicar el tratamiento de blanqueamiento, las muestras fueron sometidas a un proceso de coloración mediante su inmersión en una solución de té negro, preparada con 500 ml de agua y 16 gramos de té negro (10 bolsas de té negro, Hacendado, Mercadona).

El protocolo de coloración constó de 4 ciclos sucesivos: las muestras fueron sumergidas en la solución de té negro durante 18 horas, seguidas de 6 horas de secado a temperatura ambiente. Una vez completados los 4 ciclos, los dientes fueron almacenados en agua destilada durante 7 días para estabilizar la tonalidad obtenida.



Imagen 2: Cubetas con agua destilada para estabilizar el color tras la tinción



Imagen 3 :Detalle de la solución de timol al 0,5 %

2ª FASE : Procedimiento de blanqueamiento

Los dientes seccionados fueron preparados para la aplicación del protocolo de blanqueamiento definido. Cada muestra fue incluida y polimerizada en un bloque de resina acrílica fotopolimerizable (Techno Tray), asegurando la exposición de la superficie vestibular para permitir una incidencia directa y uniforme de la luz.



Imagen 4 : Resina acrílica fotopolimerizable (Techno Tray)

Para garantizar una medición precisa y repetible del color en la misma zona dental, se confeccionaron férulas de posicionamiento utilizando láminas termoplásticas de 0,4 mm de espesor. Se empleó una máquina de termoformado al vacío para fabricar estas férulas a medida, asegurando un ajuste preciso de los bloques de resina acrílica que contenían los dientes. Una vez enfriadas, se realizaron perforaciones centradas en cada diente con un bisturí de perforación, con el fin de localizar con exactitud la zona de medición del color.

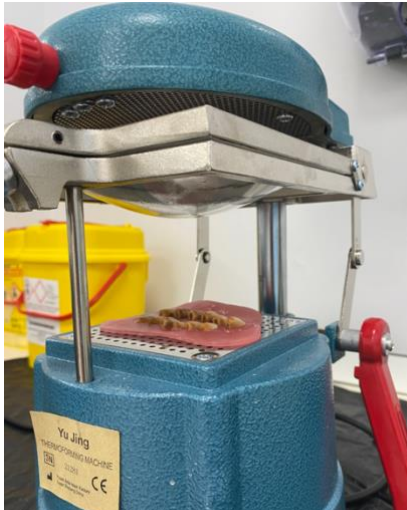


Imagen 5 : Proceso de termoformado al vacío para confeccionar las férulas de posicionamiento.



Imagen 6: Muestras de los cuatro grupos experimentales con férulas termoformadas.



Imagen 7 : Marcado de la zona de medición del color en una férula del Grupo D.

Todos los dientes fueron tratados con el mismo agente blanqueador, un gel de HP al 25% (*Zoom! Advance Power whitening gel*, Discus Dental, Inc.), y expuestos a la misma fuente

de activación luminosa, la lámpara de blanqueamiento *Zoom! Advanced Power* (Discus Dental, Inc.). La única diferencia entre los grupos radica en el número de ciclos de activación luminosa y la intensidad aplicada.

El protocolo de blanqueamiento se elaboró en estricta conformidad con las recomendaciones del fabricante del sistema *Philips Zoom! Whitespeed* y se aplicó rigurosamente a los cuatro grupos experimentales. Cada grupo siguió el mismo procedimiento de tratamiento, variando únicamente los parámetros de activación luminosa.

1. El color preoperatorio de cada muestra se determinó y registró utilizando un espectrofotómetro (Vita EasyShade) con el uso de férulas de posicionamiento para garantizar una medición coherente.



Imagen 8 : Espectrofotómetro Vita EasyShade.

2. Se aplicó uniformemente un gel de HP al 25 % del kit de blanqueamiento Philips Zoom! en la superficie vestibular de los dientes.



Imagen 9 : Aplicación del gel blanqueador Philips Zoom! al 25 % sobre las muestras del Grupo A, antes de la activación lumínica.

3. La lámpara de blanqueamiento Zoom! Advanced Power se colocó cerca de las muestras, alineando la guía de luz con el centro de los dientes. La activación lumínica se realizó de acuerdo con el protocolo específico de cada grupo experimental:

- **Grupo A:** Intensidad media con tres ciclos de activación lumínica.
- **Grupo B:** Intensidad alta con tres ciclos de activación lumínica.
- **Grupo C:** Intensidad media con cuatro ciclos de activación lumínica.
- **Grupo D:** Intensidad alta con cuatro ciclos de activación lumínica.



Imagen 10 : Activación lumínica con la lámpara Zoom! Advanced Power durante el protocolo de blanqueamiento.



Imagen 11 : Activación en curso sobre las muestras del Grupo A con la lámpara Zoom! Advanced Power

4. Después de cada ciclo de 15 minutos, el gel fue retirado con una punta de aspiración y reemplazado con una nueva aplicación de gel fresco, siguiendo las recomendaciones del fabricante.
 - Para los grupos 1 y 2, se realizaron tres aplicaciones sucesivas, con un tiempo total de 45 minutos.
 - Para los grupos 3 y 4, se llevaron a cabo cuatro aplicaciones, alcanzando una duración total de 60 minutos.
5. Entre cada ciclo, el agente blanqueador fue eliminado con una gasa humedecida, seguida de una gasa seca para secar la superficie del esmalte antes de la siguiente aplicación.
6. Al finalizar el último ciclo de blanqueamiento correspondiente a cada grupo, el gel fue completamente eliminado mediante aspiración.



Imagen 12 : Muestras del grupo A tras completar los tres ciclos de blanqueamiento a intensidad media y eliminar el gel con gasa

7. Los dientes fueron enjuagados con una jeringa de aire-agua durante 20 segundos, y posteriormente fueron inmediatamente colocados en una solución de agua destilada para estabilizar la tonalidad.
8. Se realizó una primera evaluación postoperatoria del color inmediatamente después de la última aplicación del blanqueamiento, utilizando el espectrofotómetro (Vita EasyShade), y los valores obtenidos fueron registrados en una tabla de Excel.
9. Una semana después del tratamiento, se volvió a medir el color de los dientes de cada grupo utilizando el espectrofotómetro Vita EasyShade, con el objetivo de evaluar la estabilidad del color y comparar la efectividad de los diferentes protocolos de activación lumínica.
10. Un mes después del tratamiento, se realizó una nueva medición del color de los dientes de cada grupo con el espectrofotómetro Vita EasyShade, para evaluar la estabilidad del color y comparar la efectividad de los protocolos de activación lumínica.

8.2.2 Recogida de datos

En los grupos A, B, C y D, el color de los dientes hidratados se midió en cuatro momentos distintos: antes del tratamiento de blanqueamiento, después de la última sesión (para los grupos A y B después de la tercera sesión, para los grupos C y D después de la cuarta sesión), luego siete días después de la finalización del protocolo y, finalmente, un mes después. Estas evaluaciones se realizaron utilizando el espectrofotómetro VITA EasyShade.

Todas las mediciones fueron llevadas a cabo por un único investigador, Elsa Pistré, con el fin de garantizar una mayor fiabilidad y validez de los resultados. Además, el espectrofotómetro fue calibrado mediante un proceso integrado en el dispositivo, que se activa automáticamente cuando se coloca en su base de carga. Esta calibración consistió en repetir dos mediciones idénticas en un mismo diente para verificar la reproducibilidad de los valores obtenidos. Para cada diente, se realizaron dos mediciones y se calculó el promedio de los valores L^* , a^* y b^* .

Todos los datos recopilados, incluyendo la fecha, la identificación del diente analizado y los valores medidos, fueron registrados y organizados en un archivo Excel, lo que facilitó su tratamiento y análisis posterior (Anexo III).

Estos protocolos fueron establecidos con el objetivo de optimizar la precisión y rigurosidad de los resultados, cumpliendo con los estándares científicos exigidos en los estudios experimentales *in vitro*.

La determinación del color dental se realizó utilizando las coordenadas colorimétricas CIELab*, con mediciones efectuadas sistemáticamente en la región central del diente. Para garantizar la consistencia de las mediciones, se emplearon férulas termoplásticas perforadas, permitiendo posicionar con precisión el espectrofotómetro en la misma zona de cada muestra.

El cálculo de la diferencia de color (ΔE) en los modelos se basó en las variables L^* , a^* y b^* , que corresponden a un espacio colorimétrico tridimensional.

- L^* representa la luminosidad, variando de 0 (negro) a 100 (blanco).
- a^* define el eje verde-rojo.
- b^* define el eje azul-amarillo.

Las variaciones de tonalidad inducidas por el tratamiento de blanqueamiento se expresaron en forma de ΔL^* , Δa^* y Δb^* . La diferencia de color después de tres o cuatro sesiones de blanqueamiento, en función de la intensidad de la lámpara utilizada (moderada o alta), se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{\frac{1}{2}},$$

donde:

$$\Delta L^* = L_0 - L_1$$

$$\Delta a^* = a_0 - a_1$$

$$\Delta b^* = b_0 - b_1$$

Protocolo estandarizado de recopilación de datos:

- Número de dientes evaluados: 1 a 12
- Distribución de los grupos de estudio:
 - **Grupo A:** intensidad media con tres aplicaciones de activación lumínica
 - **Grupo B:** intensidad alta con tres aplicaciones de activación lumínica
 - **Grupo C:** intensidad media con cuatro aplicaciones de activación lumínica
 - **Grupo D:** intensidad alta con cuatro aplicaciones de activación lumínica
- Medición del color después de 3 aplicaciones de blanqueamiento (intensidad alta o media)
- Medición del color después de 4 aplicaciones de blanqueamiento (intensidad alta o media)
- Evaluación del color 7 días después de la finalización del tratamiento
- Evaluación del color 1 mes después de la finalización del tratamiento

8.2.3 *Análisis estadístico*

El análisis estadístico de los datos se realizó con el software IBM SPSS Statistics versión 29.0 para Windows.

Las variables de este estudio son:

- Los niveles de intensidad (media y alta) de la lámpara Philips Zoom! Advanced Power.
- El número de ciclos de activación lumínica (tres o cuatro).
- Los intervalos de tiempo (pre-blanqueamiento, post-blanqueamiento inmediato, después de una semana y después de un mes).

La variable analizada corresponde al cambio de tono dental, determinado mediante un espectrofotómetro y expresado por el valor ΔE .

Se aplicó un enfoque mixto con análisis descriptivo e inferencial sobre las variables cuantitativas dependientes L^* , a^* , b^* y ΔE^* . Se calcularon, para cada grupo y cada momento de medición, los estadísticos descriptivos fundamentales: media, desviación estándar, valor mínimo y máximo.

El análisis inferencial se basó en la utilización de diferentes procedimientos de ANOVA:

- Un ANOVA de medidas repetidas (procedimiento GLM) fue empleado para analizar la evolución temporal (factor intra-sujeto) dentro de cada grupo (21).
- Otro ANOVA de medidas repetidas (GLM) también se utilizó para estudiar el efecto conjunto del tiempo (intra-sujeto) y del grupo experimental (inter-sujeto), considerando las posibles interacciones (21).
- Se realizó un análisis de la varianza, ANOVA unifactorial (procedimiento ONEWAY) para la comparación de múltiples grupos en momentos concretos. Cuando el valor global de la F de Snedecor fue significativo, se interpretó que las medias en los grupos no eran iguales. A continuación, se aplicó el test de Bonferroni, que permitió realizar comparaciones múltiples entre pares de grupos para identificar diferencias específicas (21,22).

Además, en el modelo general, se definieron los siguientes factores:

- Factor intra-sujeto (medidas repetidas): el tiempo de medición, con cuatro niveles (antes del tratamiento, después de la última sesión, 7 días después y 1 mes después).
- Factor inter-sujeto: el grupo de tratamiento, determinado por la combinación de la intensidad lumínica y el número de aplicaciones:
 - **Grupo A:** intensidad media con tres aplicaciones
 - **Grupo B:** intensidad alta con tres aplicaciones
 - **Grupo C:** intensidad media con cuatro aplicaciones
 - **Grupo D:** intensidad alta con cuatro aplicaciones

Se analizaron los efectos principales y las interacciones entre los factores, aplicando los ajustes necesarios por violación del supuesto de esfericidad mediante los criterios de Greenhouse-Geisser y Huynh-Feldt.

El nivel de significación estadística se estableció en $p < 0,05$, como criterio estándar para determinar la existencia de diferencias significativas entre grupos (21-23).

9. RESULTADOS

9.1 Resultados descriptivos generales

Se analizaron un total de 48 dientes naturales, distribuidos equitativamente en cuatro grupos experimentales (n=12 por grupo), en función del número de aplicaciones del gel blanqueador Philips Zoom! Whitespeed (tres o cuatro) y del nivel de intensidad de la luz activadora (media o alta) emitida por la lámpara Zoom! Advanced Power :

- **Grupo A:** 3 aplicaciones, intensidad media
- **Grupo B:** 3 aplicaciones, intensidad alta
- **Grupo C:** 4 aplicaciones, intensidad media
- **Grupo D:** 4 aplicaciones, intensidad alta

Las mediciones de color se realizaron en cuatro momentos: antes del tratamiento (INICIO), inmediatamente después (FINAL), a los 7 días (SEMANA) y al mes (MES). Los valores se obtuvieron mediante espectrofotometría según el sistema CIE L*a*b* y se calcularon también las variaciones ΔE^* .

9.2 Evolución de la luminosidad (L*)

Tabla 1 : Valores medios de L* por grupo experimental y momentos de evaluación (inicio, final del tratamiento, a la semana y al mes).

Estadísticos descriptivos

	Grupo	Media	Desv. estándar	N
INICIO L	A	70,0796	4,64135	12
	B	64,1625	7,88350	12
	C	64,9083	5,34202	12
	D	67,5875	6,52597	12
	Total	66,6845	6,46640	48

FINAL L	A	78,408 3	3,78705	12
	B	82,870 8	6,74929	12
	C	78,329 2	4,85735	12
	D	79,225 0	3,32220	12
	Tota l	79,708 3	5,06491	48
SEMANA L	A	76,212 5	4,61864	12
	B	73,916 7	6,67292	12
	C	74,304 2	5,62977	12
	D	73,566 7	4,27186	12
	Tota l	74,500 0	5,30760	48
MES L	A	75,329 2	4,86413	12
	B	72,525 0	6,09260	12
	C	74,129 2	5,90021	12
	D	73,912 5	4,81683	12
	Tota l	73,974 0	5,36795	48

Se observaron cambios estadísticamente significativos en la evolución de la coordenada L a lo largo del estudio (Greenhouse-Geisser $p < 0,001$). En general, se observó un aumento inmediato de la luminosidad entre el inicio y el final del tratamiento en todos los grupos, lo que refleja el efecto directo del procedimiento blanqueador sobre el color dental. En el grupo A, la media de L* aumentó de 70,080 al inicio a 78,408 al final del tratamiento. En el grupo B, el incremento fue aún más marcado, pasando de 64,163 a 82,871. El grupo C mostró un aumento de 64,908 a 73,329, mientras que en el grupo D la luminosidad se elevó de 67,587 a 79,225 (Tabla 1).

Sin embargo, tras este aumento inicial, la evolución posterior mostró comportamientos diferentes entre los grupos, especialmente en la fase de seguimiento, donde se observaron patrones variables entre la semana y el mes (Fig.1).

En el grupo A, la luminosidad aumentó significativamente entre el inicio y el final del tratamiento ($p < 0,001$) y también entre el final y la semana ($p = 0,032$) con una disminución de la valor de L^* , lo que implica un retroceso en la valor de la misma. Sin embargo, entre la semana y el mes no se registraron cambios significativos ($p = 0,962$), lo que sugiere una estabilización de L^* durante este periodo (Anexo IV).

En el grupo B, se observó igualmente un incremento significativo de L^* entre el inicio y el final ($p < 0,001$) y entre el final y la semana ($p = 0,005$). A diferencia de los demás grupos, entre la semana y el mes se detectó una disminución estadísticamente significativa de L^* ($p = 0,035$), lo que indica una pérdida parcial de luminosidad tras la primera semana (Anexo V).

En los grupos C y D, el patrón fue similar al del grupo A. Ambos mostraron aumentos significativos de L^* entre el inicio y el final ($p < 0,001$), seguidos de una disminución también significativa entre el final y la semana ($p = 0,008$ en C y $p = 0,002$ en D), lo que indica un retroceso en el valor de L^* en este periodo. Sin embargo, entre la semana y el mes no se registraron cambios estadísticamente significativos ($p = 1,000$ en ambos casos), lo que confirma la estabilidad del color en esta fase sin evidencia de nueva pérdida de luminosidad (Anexo VI y VII).

En conjunto, estos resultados indican que el blanqueamiento indujo un aumento inmediato de L^* en todos los protocolos, observándose una progresión real y estadísticamente significativa del aclaramiento entre el inicio y el final del tratamiento en todos los grupos. Posteriormente, entre la medición final y la realizada a la semana, se registró una regresión ligera de L^* en todos los grupos, que fue estadísticamente significativa, lo que confirma que hubo una pérdida parcial del aclaramiento en esta fase inicial del seguimiento. Sin embargo, es importante destacar que, a pesar de esta disminución, los valores de L no volvieron en ningún caso a los niveles iniciales. Es decir,

aunque hubo una ligera recidiva del color respecto al resultado inmediato, el efecto blanqueador se mantuvo en todos los grupos al menos en parte. Entre la semana y el mes, la evolución fue diferente según el protocolo. En los grupos A, C y D, a pesar de observarse una leve disminución de L^* , esta no fue significativa. Solo en el grupo B se observó una regresión significativa de la luminosidad a partir de la semana (Fig1).

A pesar de estas variaciones intra-grupo, no se hallaron diferencias significativas al 95% entre los grupos en L en ninguna visita, inicio (ANOVA $p=0,095$), final (ANOVA $p=0,086$), semana (ANOVA $p=0,633$) y mes (ANOVA $p=0,661$) (Anexo VIII).

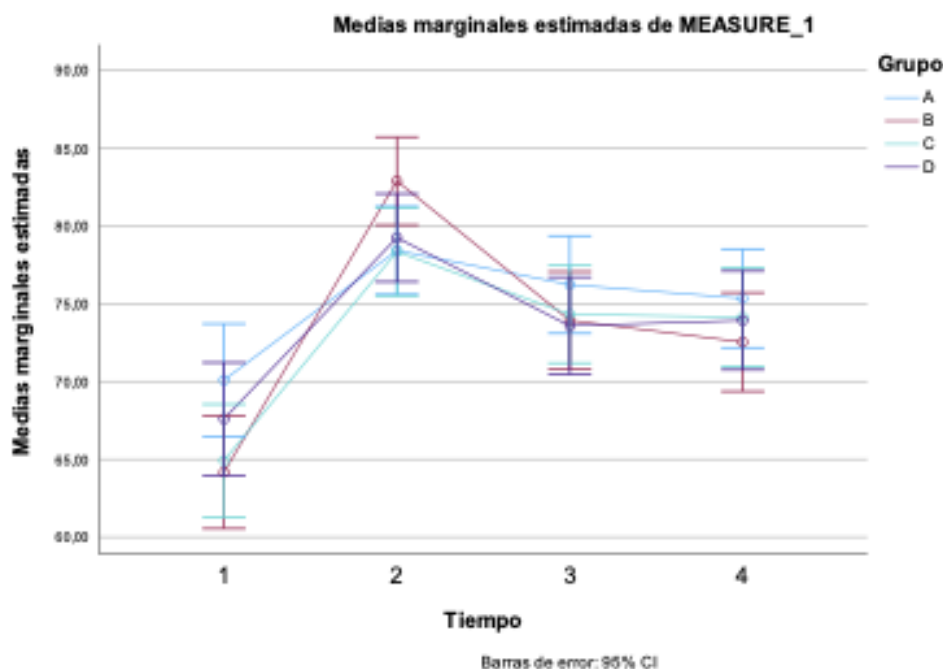


Fig.1. Evolución de los valores medios de L^* según el grupo experimental y el momento de evaluación.

9.3 Evolución de la coordenada a^*

Tabla 2 : Valores medios de a^* por grupo experimental y momentos de evaluación (inicio, final del tratamiento, a la semana y al mes).

Estadísticos descriptivos

	Grupo	Media	Desv. estándar	N
INICIO a	A	1,4917	1,06319	12
	B	2,5208	1,82015	12

	C	2,0875	1,59347	12
	D	1,4417	1,18222	12
	Tota l	1,8854	1,47128	48
FINAL a	A	1,0625	0,71767	12
	B	1,5750	0,88997	12
	C	1,1667	0,84755	12
	D	1,8667	1,51498	12
	Tota l	1,4177	1,05702	48
SEMANA a	A	1,1417	0,73449	12
	B	0,9958	0,70015	12
	C	0,9208	0,53997	12
	D	0,8500	0,58698	12
	Tota l	0,9771	0,63388	48
MES a	A	1,0042	0,64718	12
	B	0,9708	0,76291	12
	C	0,8250	0,50068	12
	D	0,8792	0,50698	12
	Tota l	0,9198	0,59856	48

En cuanto a la coordenada a* (eje rojo-verde), se observó una disminución significativa a lo largo del estudio (Greenhouse-Geisser $p < 0,001$), reflejando la pérdida progresiva de las tonalidades rojizas tras la aplicación del tratamiento blanqueador. La media general inicial fue de 1,8854, descendiendo a 1,4177 al finalizar el tratamiento, para situarse posteriormente en 0,9771 a la semana y en 0,9198 al mes (Tabla 2). Esta trayectoria refleja una reducción sostenida que tiende a estabilizarse en valores bajos durante el seguimiento.

En el grupo A, la media de a* se redujo de 1,4917 al inicio a 1,0625 al final del tratamiento. Posteriormente, se observó un ligero aumento hasta 1,1417 a la semana, seguido de una nueva disminución a 1,0042 al mes (Tabla 2). Estos cambios entre semana y mes no fueron estadísticamente significativos ($p > 0,05$).

El grupo B mostró una disminución de 2,5208 al inicio a 1,5750 al final, y posteriormente a 0,9958 a la semana y 0,9708 al mes, evidenciando una reducción continua pero también sin cambios significativos entre la semana y el mes (Tabla 2).

En el grupo C, la media bajó de 2,0875 al inicio a 1,1667 al final, continuando hasta 0,9208 a la semana y 0,8250 al mes, sin que estas últimas reducciones fueran estadísticamente significativas (Tabla 2).

En el grupo D, los valores descendieron de 1,4417 al inicio a 1,8667 al final del tratamiento, para situarse en 0,8500 a la semana. Posteriormente, se registró un leve aumento hasta 0,8792 al mes, aunque esta variación no fue estadísticamente significativa ($p > 0,05$), indicando una estabilidad relativa en esta fase final (Tabla 2).

En conjunto, estos resultados confirman que hubo una evolución significativa de a^* en el tiempo (Greenhouse-Geisser $p < 0,001$), con descensos marcados desde el inicio hasta la semana, seguidos de un mantenimiento de valores bajos sin diferencias significativas entre la semana y el mes (Fig2).

A pesar de estas evoluciones dentro de cada grupo, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las visitas (ANOVA $p = 0,382$). Además, no se observaron diferencias significativas en la evolución global de esta coordenada entre los diferentes grupos (Greenhouse-Geisser $p = 0,246$) (Anexo IX).

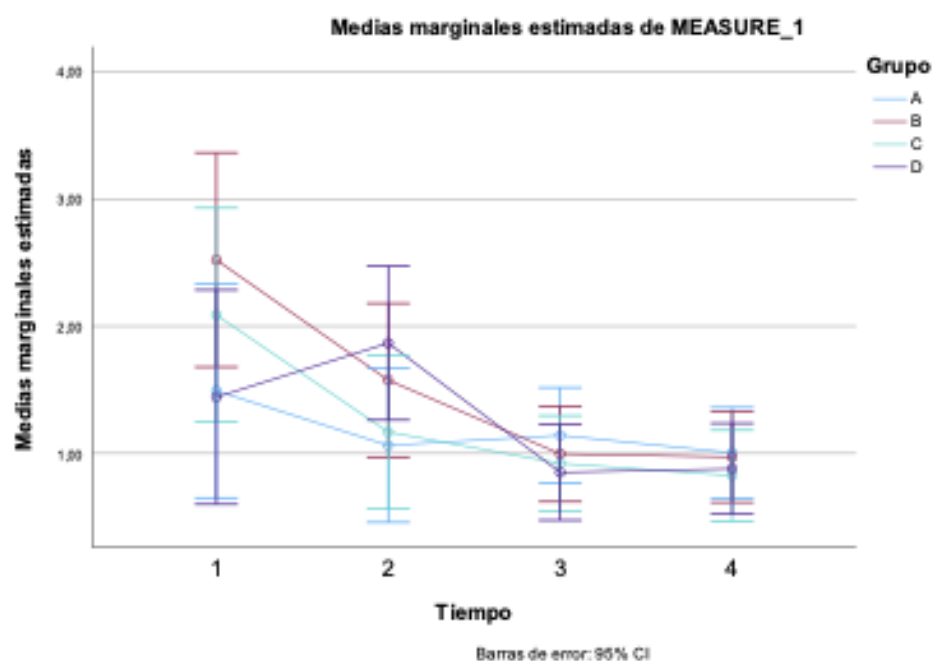


Fig.2. Evolución de los valores medios de a^* según el grupo experimental y el momento de evaluación.

9.4 Evolución de la coordenada b^*

Tabla 3 : Valores medios de b^* por grupo experimental y momentos de evaluación (inicio, final del tratamiento, a la semana y al mes).

Estadísticos descriptivos

	Grupo	Media	Desv. estándar	N
INICIO b	A	24,6083	5,02977	12
	B	24,3458	5,19237	12
	C	24,4167	3,81816	12
	D	24,1375	3,62712	12
	Total	24,3771	4,33022	48
FINAL b	A	21,8208	4,28684	12
	B	24,8208	4,68898	12
	C	22,4625	4,61072	12

	D	25,545 8	4,87216	12
	Tota l	23,662 5	4,73917	48
SEMANA b	A	16,887 5	3,97504	12
	B	18,354 2	4,05505	12
	C	17,141 7	3,30735	12
	D	18,029 2	4,75550	12
	Tota l	17,603 1	3,97177	48
MES b	A	17,408 3	4,16167	12
	B	18,379 2	4,14035	12
	C	17,308 3	3,26544	12
	D	18,070 8	4,51248	12
	Tota l	17,791 7	3,94107	48

Respecto a la coordenada b* (eje amarillo-azul), se observó una disminución significativa en todos los grupos a lo largo del estudio (Greenhouse-Geisser $p < 0,001$), reflejando una reducción progresiva de la tonalidad amarilla tras el tratamiento blanqueador. La media general inicial fue de 24,3771, descendiendo a 23,6625 al final del tratamiento, para situarse posteriormente en 17,6031 a la semana y en 17,7917 al mes (Tabla 3).

Esta trayectoria evidencia un descenso marcado en las fases iniciales, seguido de una estabilización posterior.

Al nivel intra-grupo, en el grupo A, la media de b* pasó de 24,6083 al inicio a 21,8208 al final del tratamiento, disminuyendo posteriormente a 16,8875 a la semana y registrando un leve aumento hasta 17,4083 al mes (Tabla 3). La reducción fue significativa entre el inicio y el final ($p = 0,008$) y entre el final y la semana ($p < 0,001$), mientras que entre la

semana y el mes no se observaron cambios significativos ($p = 0,323$), lo que sugiere un mantenimiento general del efecto blanqueador a pesar de la ligera variación observada (Anexo X).

En el grupo B, la media inicial de 24,3458 pasó a 24,8208 al final del tratamiento (sin diferencias significativas entre inicio y final, $p = 1,000$), disminuyendo después a 18,3542 a la semana y registrando un leve aumento hasta 18,3792 al mes (Tabla 3). La reducción fue significativa entre el final y la semana ($p < 0,001$), mientras que entre la semana y el mes no se observaron cambios significativos ($p = 1,000$), indicando una estabilidad tras la primera semana (Anexo XI).

En el grupo C, se observó un patrón similar. La media de b^* pasó de 24,4167 al inicio a 22,4625 al final del tratamiento ($p = 0,787$), disminuyendo posteriormente a 17,1417 a la semana y registrando un leve aumento hasta 17,3083 al mes (Tabla 3). La disminución significativa se concentró entre el final y la semana ($p < 0,001$), mientras que entre la semana y el mes no se observó un cambio estadísticamente significativo ($p = 1,000$), lo que sugiere un mantenimiento general del efecto blanqueador (Anexo XII).

En el grupo D, la media aumentó de 24,1375 al inicio a 25,5458 al final del tratamiento ($p = 0,867$), para luego reducirse a 18,0292 a la semana y registrar un leve aumento hasta 18,0708 al mes (Tabla 3). De nuevo, la reducción significativa ocurrió entre el final y la semana ($p < 0,001$), mientras que entre la semana y el mes no se observó un cambio estadísticamente significativo ($p = 1,000$), indicando un mantenimiento general del efecto blanqueador (Anexo XIII).

En cuanto a la comparación entre los grupos, aunque se identificaron diferencias significativas en la evolución global de b^* entre los protocolos a lo largo del estudio (Greenhouse-Geisser $p < 0,001$), especialmente entre las fases inicio-final y final-semana, lo que refleja que no todos siguieron exactamente el mismo patrón de descenso, no se encontraron diferencias significativas en las comparaciones puntuales en cada visita: inicio (ANOVA $p = 0,995$), final ($p = 0,157$), semana ($p = 0,784$) y mes ($p = 0,898$) (Anexo XIV).

En conjunto, todos los protocolos mostraron un efecto blanqueador eficaz y sostenido sobre la coordenada b^* , reduciendo de manera significativa la tonalidad amarilla característica del esmalte dental. Aunque se observaron patrones de descenso más pronunciados hasta la semana, posteriormente las variaciones fueron mínimas y no significativas entre la semana y el mes, lo que sugiere un mantenimiento general del aclaramiento logrado. Estos datos confirman que la modificación en la tonalidad amarilla fue duradera en el tiempo, con resultados finales comparables entre los diferentes protocolos aplicados (Fig3).

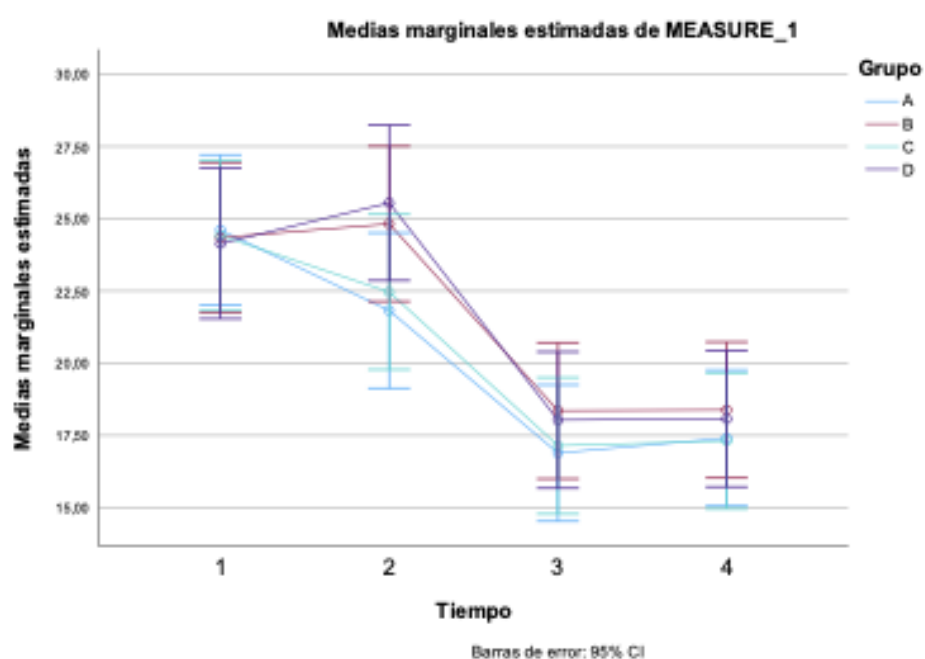


Fig.3. Evolución de los valores medios de b^* según el grupo experimental y el momento de evaluación

9.5 Evolución global de ΔE^*

Tabla 4 : Valores medios de ΔE^* por grupo experimental y momentos de evaluación (inicio, final del tratamiento, a la semana y al mes).

Estadísticos descriptivos

	Grupo	Media	Desv. estándar	N
ΔE inicio-final	A	9,2021	3,02999	12
	B	18,9367	9,12282	12

	C	14,093 6	5,00286	12
	D	12,391 4	5,42824	12
	Total	13,655 9	6,85732	48
ΔE inicio-semana	A	10,296 3	1,99741	12
	B	11,939 1	3,51376	12
	C	12,192 2	3,41164	12
	D	9,4591	4,13615	12
	Total	10,971 7	3,44547	48
ΔE inicio-mes	A	9,2543	1,74544	12
	B	10,802 7	3,68369	12
	C	11,945 1	4,02748	12
	D	9,4764	4,31202	12
	Total	10,369 7	3,63865	48

El análisis de la variación total del color ΔE^* mostró un aclaramiento significativo en todos los grupos al finalizar el tratamiento, ya que todos superaron el umbral de perceptibilidad clínica ($\Delta E > 3,3$). Además, se observó una evolución global significativa en el comportamiento de los grupos a lo largo del estudio (Greenhouse-Geisser $p < 0,001$). Al comparar el momento inicial y el final del tratamiento, las diferencias entre los grupos fueron estadísticamente significativas al 95% (ANOVA, $p = 0,003$) observándose diferencias ente el grupo A con B (Anexo XV). El grupo B ($\Delta E = 18,9367$) presentó el mayor cambio medio, con una modificación del color dental clínicamente muy visible. Le siguieron el grupo C ($\Delta E = 14,0936$), el grupo D ($\Delta E = 12,3914$) y, en último lugar, el grupo A ($\Delta E = 9,2021$), que mostró el menor aclaramiento (Tabla 4).

A los siete días de seguimiento, se observó un descenso general del ΔE en todos los grupos. El grupo B mantuvo el valor más elevado ($\Delta E = 11,9391$), aunque la diferencia con el grupo C ($\Delta E = 12,1922$) se redujo notablemente. Los grupos D y A mostraron valores inferiores ($\Delta E = 9,4591$ y $\Delta E = 10,2963$ respectivamente) (Tabla 4). En este

momento, las diferencias entre los grupos no fueron estadísticamente significativas (ANOVA $p = 0,155$), lo que sugiere una tendencia a la homogeneización de los resultados con el paso del tiempo (Anexo XV). A nivel intra-grupo, el grupo B (Greenhouse-Geisser $p = 0,003$) mostró un retroceso significativo del ΔE^* , mientras que el grupo D ($p = 0,044$) presentó un patrón mixto de evolución, con un mayor incremento en la visita final respecto a la semana y el mes. En los grupos A ($p = 0,192$) y C ($p = 0,060$), se observaron descensos no significativos, compatibles con un retroceso leve o moderado.

Al mes, se observó una tendencia general al mantenimiento de los resultados. El grupo C se posicionó como el que mejor conservó el aclaramiento ($\Delta E = 11,9451$), seguido por el grupo B ($\Delta E = 10,8027$), el grupo D ($\Delta E = 9,4764$) y el grupo A ($\Delta E = 9,2543$) (Tabla 4). De nuevo, las diferencias entre los grupos no fueron estadísticamente significativas (ANOVA $p = 0,237$) (Anexo XV). Cabe destacar que el grupo B, inicialmente el más eficaz, mostró una mayor reducción del efecto aclarador en comparación con el grupo C, mientras que el grupo D presentó un leve aumento entre la semana y el mes ($\Delta E = 9,4591$ frente a $\Delta E = 9,4764$), situación que no se observó en el grupo C (Fig 4.).

En cuanto a la comparación entre los protocolos, se observaron resultados destacados. En primer lugar, el grupo B superó al grupo A en todas las fases (al final $\Delta E = 18,9367$ frente a $9,202$; a la semana $11,9391$ frente a $10,2963$ y al mes $10,8027$ frente a $9,2543$), confirmando que la alta intensidad fue más eficaz que la media intensidad cuando se aplicaron tres ciclos. En segundo lugar, entre los protocolos de cuatro aplicaciones, el grupo C mostró un rendimiento superior al grupo D en todos los momentos de evaluación. El aclaramiento inicial fue más alto en el grupo C ($\Delta E = 14,0936$ frente a $12,3914$ en el grupo D), y esta ventaja se mantuvo tanto a la semana como al mes ($\Delta E = 12,1922$ y $11,9451$ frente a $9,4591$ y $9,4764$ respectivamente). Sin embargo, conviene destacar que el grupo D presentó un leve aumento entre la semana y el mes, lo que reflejó un patrón dinámico diferente al observado en el grupo C, donde los valores continuaron disminuyendo ligeramente (Tabla 4).

Entre los dos protocolos de alta intensidad (grupo B frente a grupo D), se observó que el grupo B alcanzó un ΔE inicial considerablemente más alto ($18,9367$ frente a $12,3914$),

pero su efecto disminuyó de manera más pronunciada a lo largo del seguimiento. En cambio, el grupo D ofreció una evolución más estable, con valores prácticamente iguales entre la semana y el mes (Tabla 4).

Entre los dos protocolos de media intensidad (grupo A frente a grupo C), se observó que el grupo C, que incluyó una aplicación adicional, logró un ΔE inicial claramente superior (14,0936 frente a 9,2021). Esta diferencia se mantuvo durante el seguimiento, siendo el grupo C más eficaz tanto a la semana (12,1922 frente a 10,2963) como al mes (11,9451 frente a 9,2543) (Tabla 4). Cabe destacar, no obstante, que el grupo A mostró una evolución estable a lo largo del estudio, sin grandes pérdidas del efecto blanqueador, lo que indica que, aunque es el protocolo menos eficaz, sigue siendo una opción válida cuando se busca minimizar el número de aplicaciones o reducir el riesgo de sensibilidad.

Finalmente, en la comparación entre el grupo B (alta intensidad, 3 aplicaciones) y el grupo C (media intensidad, 4 aplicaciones), se observó que el grupo B alcanzó un aclaramiento inicial claramente superior ($\Delta E = 18,9367$ frente a 14,0936), aunque esta ventaja se redujo rápidamente. A la semana, el grupo C ya presentaba un ΔE ligeramente superior ($\Delta E = 12,1922$ frente a 11,9391 en el grupo B) y al mes esta diferencia se acentuó ($\Delta E = 11,9451$ frente a 10,8027) (Tabla 4).

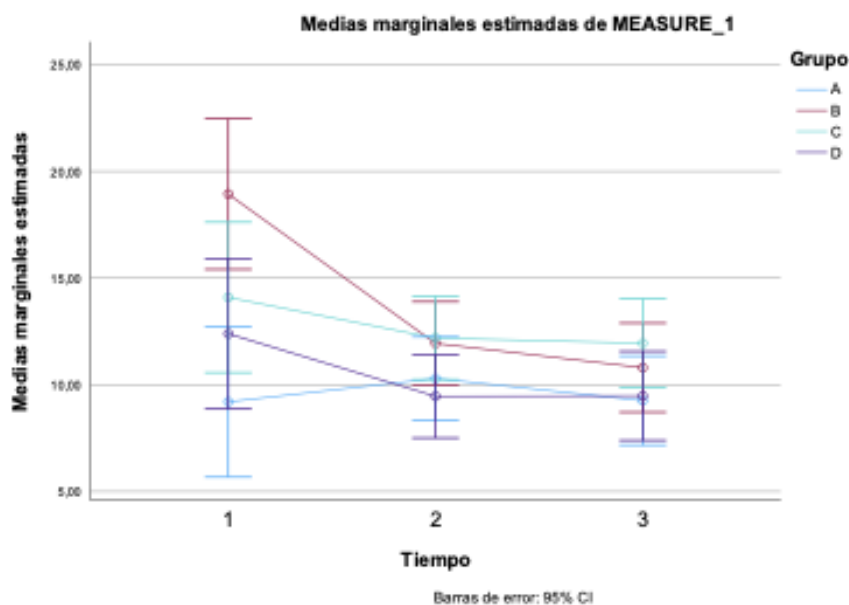


Fig.4. Evolución de los valores medios de ΔE^* según el grupo experimental y el momento de evaluación

10.DISCUSIÓN

10 .1 Discusión sobre la metodología

El objetivo de este estudio *in vitro* fue evaluar la eficacia del sistema de blanqueamiento Philips Zoom! Whitespeed mediante la comparación de cuatro protocolos diferentes, definidos por dos intensidades de luz (media y alta) y dos números de aplicaciones (tres y cuatro ciclos). Además, se buscó analizar la estabilidad del color dental alcanzado tras el tratamiento, mediante un seguimiento a corto y medio plazo (7 días y 1 mes).

Para la cuantificación objetiva de los cambios de color, se empleó el parámetro ΔE , calculado según el espacio colorimétrico CIELab (L^* , a^* , b^*). Este sistema es ampliamente reconocido como referencia en estudios de blanqueamiento dental al reflejar de manera precisa la percepción visual del color (10,15,16). En este contexto, se consideró un valor de ΔE superior a 3,3 como clínicamente perceptible, umbral comúnmente aceptado en la literatura para evaluar la eficacia de los tratamientos de blanqueamiento. Este valor supera tanto el límite de perceptibilidad ($\Delta E \approx 1,2$) como el de aceptabilidad clínica ($\Delta E \approx 2,7$), establecidos por Paravina y cols. (2015) en un estudio multicéntrico sobre materiales dentales estéticos (24).

Para garantizar una medición objetiva y estandarizada del color, se utilizó un espectrofotómetro clínicamente validado: Vita EasyShade. La espectrofotometría ha demostrado ser una técnica fiable y ampliamente utilizada en estudios clínicos y de laboratorio para la evaluación de cambios cromáticos en tratamientos de blanqueamiento dental (15,25-27). Este dispositivo permite obtener lecturas precisas de las coordenadas L^* , a^* y b^* , minimizando las interferencias del observador y asegurando la reproducibilidad de las mediciones.

Este planteamiento metodológico coincide con lo reportado por Takeuchi y cols. (2024), quienes destacaron que las primeras semanas tras el tratamiento son cruciales para evaluar tanto la estabilidad del tono dental como los efectos de rehidratación del

esmalte (10). Esta referencia respalda la elección de los tiempos de seguimiento en el presente estudio y permite contextualizar los resultados en un marco clínico más amplio. El diseño multifactorial adoptado en este estudio, combinando intensidades de luz y número de aplicaciones, encuentra paralelismos con estudios *in vitro* recientes como los de Gottenbos y cols. (2021), Pasquale y cols. (2023), Kabil y cols. (2019) y Alsheikh y cols. (2018), los cuales evaluaron protocolos comparativos mediante mediciones espectrofotométricas objetivas (16,25,28,29).

El tamaño muestral relativamente reducido ($n = 12$ por grupo) se justifica por las características propias de un estudio piloto. Según la literatura, los estudios piloto permiten evaluar la viabilidad de un diseño experimental, identificar posibles problemas metodológicos y estimar parámetros necesarios para cálculos de tamaño muestral en estudios posteriores más amplios (30). Además, estudios *in vitro* como el de Raheel y cols. (2014) han demostrado que diseños con grupos pequeños pueden proporcionar resultados significativos en la evaluación del cambio de color dental mediante ΔE , siempre que se mantengan condiciones experimentales controladas (27). Este enfoque metodológico se ha utilizado también en investigaciones previas, como el de Fekrazad y cols. (2017), que emplearon 20 dientes divididos en dos grupos ($n = 10$), y Basheer y cols. (2023), quienes trabajaron con 80 dientes distribuidos en cuatro grupos ($n = 20$), evaluando distintos tipos de agentes blanqueadores (12,31). La obtención de dientes naturales intactos presenta desafíos logísticos y éticos, ya que las técnicas dentales actuales permiten conservar los dientes en boca durante más tiempo gracias a tratamientos restauradores avanzados. Esta limitación en la disponibilidad de muestras biológicas humanas intactas refuerza la elección de un tamaño muestral reducido y la naturaleza piloto del estudio. La estabilización previa de las muestras en agua destilada contribuyó también a reducir posibles variaciones cromáticas externas, como ya fue demostrado en estudios donde se observó mayor estabilidad del color en materiales almacenados en este medio (32).

Para simular condiciones de tinción extrínseca, las muestras dentales fueron sometidas a una solución de té negro. Este agente colorante se seleccionó por su capacidad para reproducir de manera efectiva las manchas comunes en la superficie dental, debido a su

alto contenido de taninos y cromógenos, lo que lo convierte en un modelo ampliamente aceptado en estudios de blanqueamiento dental (33). Otros agentes colorantes utilizados en la literatura incluyen el café, el vino tinto y soluciones de clorhexidina, cada uno con perfiles de tinción específicos. La elección del té negro en este estudio se basó en su relevancia clínica y su capacidad para proporcionar una tinción uniforme y reproducible en condiciones controladas.

Asimismo, se emplearon férulas de posicionamiento termoformadas para estandarizar las zonas de medición, reduciendo la variabilidad de las lecturas y garantizando la repetibilidad de los resultados (34).

Cabe destacar que este estudio amplía y profundiza los hallazgos obtenidos en una investigación previa realizada el año anterior, en la que se evaluaron los efectos de protocolos de blanqueamiento similares en dos grupos (intensidad media y alta, ambos con cuatro aplicaciones), y cuyo seguimiento se limitó a una semana.

En ambos estudios se observó un aclaramiento significativo del color dental tras el tratamiento, lo que confirma la eficacia del sistema Philips Zoom! Whitespeed. Además, al igual que en el estudio anterior, el protocolo de alta intensidad resultó más eficaz inmediatamente después del tratamiento, con una diferencia estadísticamente significativa respecto a la intensidad media tras las cuatro aplicaciones.

Sin embargo, el presente estudio introduce un seguimiento extendido hasta un mes, lo que ha permitido observar la evolución del color más allá de la primera semana. A diferencia del estudio anterior, en el que la estabilidad parecía consolidada a los 7 días, los resultados actuales muestran que algunos protocolos (especialmente el grupo B) presentan una regresión más notable entre la semana y el mes, mientras que otros (como el grupo D) mantienen o incluso mejoran ligeramente su aclaramiento. Esta evolución diferencial aporta una visión más completa de la durabilidad del blanqueamiento, destacando la importancia de evaluar los resultados a medio plazo.

La comparación de protocolos con tres y cuatro ciclos permitió simular diferentes escenarios clínicos, como los contemplados por el fabricante del sistema Zoom!. Esta

estrategia experimental aportó información relevante sobre la relación entre duración del tratamiento y estabilidad del aclaramiento, con implicaciones directas para la práctica clínica.

La hipótesis nula (H_0), que suponía ausencia de diferencias significativas entre protocolos, no pudo ser rechazada en términos generales, ya que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ni a los 7 días ni al mes del tratamiento. No obstante, se detectó una diferencia significativa inmediata entre los grupos A y B ($p = 0,003$). Esta variación puntual no se mantuvo con el tiempo, lo que refuerza la validez de la hipótesis nula a medio plazo y sugiere que, en términos de estabilidad del color, los protocolos con tres y cuatro ciclos ofrecen resultados comparables.

La literatura actual muestra una escasez de estudios *in vitro* específicos sobre el sistema Philips Zoom! Whitespeed que evalúen variaciones en la intensidad y la duración, lo que refuerza la relevancia de esta investigación. Al proponer una comparación estructurada y rigurosa de varios parámetros de aplicación, este estudio contribuye a definir mejor las condiciones óptimas de uso de este sistema de blanqueamiento en la práctica clínica.

10.2 Discusión sobre los resultados

Luminosidad (L^*)

La coordenada L^* , aumentó significativamente en todos los grupos inmediatamente después del tratamiento, reflejando así un aclaramiento dental inmediato.

En el grupo A, la media pasó de 70,0796 a 78,4083 (+8,3287); en el grupo B, de 64,1625 a 82,8708 (+18,7083); en el grupo C, de 64,9083 a 78,3292 (+13,4209); y en el grupo D, de 67,5875 a 79,2250 (+11,6375) (Tabla 1).

A los 7 días, se observó una ligera disminución general de la luminosidad, siendo más marcada en el grupo B (alta intensidad con tres aplicaciones), $L^* = 73,9167$. En este grupo, la reducción fue estadísticamente significativa, lo que sugiere un retroceso parcial del efecto blanqueador en la fase inicial del seguimiento, posiblemente relacionado con características específicas del protocolo aplicado o con factores propios de las muestras tratadas. Además, el grupo B, que había registrado el mayor incremento inicial de L, fue también el que mostró la mayor pérdida en esta fase, reflejando así un descenso más pronunciado en comparación con los demás protocolos.

En cambio, en los grupos A, C y D, aunque se registró una leve disminución de L, esta no alcanzó significación estadística, lo que indica que la luminosidad se mantuvo relativamente estable durante este periodo.

Entre la semana y el mes, los valores tendieron a estabilizarse en todos los grupos, lo que sugiere una buena conservación del efecto blanqueador, caracterizada por una regresión inicial leve seguida de una fase de mantenimiento cromático estable.

A pesar de las variaciones intra-grupo observadas, no se detectaron diferencias significativas entre los protocolos en ningún momento del seguimiento, lo que indica que todos fueron igualmente eficaces para aumentar y mantener la luminosidad dental a medio plazo.

Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Pasquale y cols. (2023), quienes reportaron un incremento significativo de L^* tras el tratamiento con Philips Zoom!, particularmente cuando se aplicaban múltiples ciclos, seguido de una fase de estabilización del color (25). Esta tendencia también fue observada por Takeuchi y cols. (2024), que describieron un aumento marcado de la luminosidad tras el uso combinado de LED y peróxido, con estabilización progresiva en las semanas posteriores (10). Asimismo, Gottenbos y cols. (2021) confirmaron una mejora sustancial de L^* tras el tratamiento con Philips Zoom! Whitespeed en condiciones controladas (16). Por su parte, Kury y cols. (2020) señalaron que la combinación de luz LED violeta con peróxido genera un incremento significativo de L^* , mientras que el uso de LED sin gel no produjo cambios relevantes, subrayando la importancia del activador químico (18). Finalmente,

Kabil y cols. (2019) destacaron que el aumento de la intensidad lumínica potencia el efecto inmediato de aclaramiento, aunque los resultados obtenidos tienden posteriormente a estabilizarse, sin que se observen diferencias significativas entre los distintos protocolos a medio plazo (28).

Componente rojo-verde (a^*)

El componente rojizo (a^*) mostró una evolución significativa en todos los grupos a lo largo del estudio (Greenhouse-Geisser $p < 0,001$), reflejando una reducción progresiva de las tonalidades rojizas asociadas al esmalte dental. En los grupos A (de 1,4917 a 1,0625), B (de 2,5208 a 1,5750) y C (de 2,0875 a 1,1667), esta disminución fue inmediata tras el tratamiento, mientras que en el grupo D se observó inicialmente un aumento (de 1,4417 a 1,8667) (Tabla 2). Sin embargo, al llegar al mes, todos los grupos evidenciaron valores inferiores a los iniciales, lo que confirma la efectividad mantenida del tratamiento.

En conjunto, estas dinámicas reflejan que, aunque los protocolos pudieron generar respuestas iniciales variables, todos lograron una reducción efectiva y sostenida del a^* a medio plazo. Además, todos los protocolos mostraron un comportamiento similar a lo largo del estudio, sin evidenciarse superioridad de ninguno de ellos en cuanto a la reducción del componente rojizo.

Cabe destacar, además, que las ligeras elevaciones observadas en los valores de a^* entre la semana y el mes en algunos grupos podrían explicarse por procesos fisiológicos normales, como la rehidratación del esmalte, la remineralización superficial o la deposición temprana de pigmentos extrínsecos. Estos fenómenos son habituales tras los tratamientos blanqueadores y no reflejan una regresión clínica significativa del aclaramiento logrado.

Estos resultados están en línea con los reportados por Shahabi y cols. (2018), quienes observaron una reducción significativa y sostenida del componente rojizo (a^*) tras tratamientos activados con LED y diferentes tipos de láser, independientemente de la fuente lumínica utilizada (15). De manera complementaria, estudios recientes como los

de Gottenbos y cols. (2021), Pasquale y cols. (2023) y Takeuchi y cols. (2024) también evidenciaron una disminución del a^* tras el blanqueamiento dental, con estabilización progresiva en las semanas posteriores (10,16,25). Asimismo, Kabil y cols. (2019) destacaron que las variaciones del a^* tienden a estabilizarse a medio plazo tras la aplicación de protocolos con distintas intensidades lumínicas (28).

Componente amarillo-azul (b^*)

También se observó una disminución significativa de los valores de b^* , lo cual está directamente relacionado con la reducción de las tonalidades amarillas del esmalte, un factor clave en la percepción del blanqueamiento dental. Los valores registrados fueron en el Grupo A (de 24,6083 a 21,8208), Grupo B (de 24,3458 a 24,8208), Grupo C (de 24,4167 a 22,4625) y Grupo D (de 24,1375 a 25,5458) al final del tratamiento (Tabla 3).

Mientras que en el grupo A esta disminución fue evidente e inmediata, en los grupos B, C y D la reducción no se produjo de manera significativa al final del tratamiento, sino que se observó principalmente durante la primera semana de seguimiento. Esto refleja que, aunque todos los protocolos resultaron eficaces para reducir el componente amarillo, el ritmo de aclaramiento fue diferente según el protocolo aplicado.

A partir de la semana y hasta el mes, se observó una fase de estabilidad generalizada en todos los grupos, sin variaciones significativas entre estos dos momentos. Las ligeras fluctuaciones observadas en la coordenada b no alcanzaron significación estadística y pueden explicarse por ajustes fisiológicos normales tras el tratamiento, como la rehidratación progresiva del esmalte o pequeñas interacciones con el medio oral simulado, sin impacto clínico relevante en el resultado del blanqueamiento.

Aunque se observaron patrones de evolución algo diferentes según los protocolos, con un aumento inicial en los grupos B y D y ligeras elevaciones entre la semana y el mes en todos los grupos, estas variaciones no se tradujeron en diferencias significativas entre los protocolos a medio plazo. Así, todos los grupos presentaron valores finales similares,

lo que sugiere que, pese a las dinámicas particulares observadas, el efecto blanqueador sobre b fue comparable entre las distintas modalidades de tratamiento.

La reducción progresiva del componente b^* observada en nuestro estudio es coherente con los hallazgos de Takeuchi y cols. (2024), quienes reportaron una disminución significativa del componente amarillo durante las primeras semanas tras el tratamiento con LED, con una posterior estabilización sin diferencias relevantes a largo plazo (10). De igual modo, Gottenbos y cols. (2021) y Pasquale y cols. (2023) demostraron que el uso de sistemas activados con luz, como Philips Zoom!, resulta en una reducción significativa de los valores de b^* . Además, los datos de Shahabi y cols. (2018) respaldan esta observación, ya que sus experimentos mostraron una disminución consistente del índice de amarillez tras la activación con diferentes fuentes de luz, particularmente con LED (15,16,25). Asimismo, Kabil y cols. (2019) destacaron que la reducción de b^* tiende a estabilizarse a medio plazo, independientemente de la intensidad lumínica empleada (28).

Síntesis colorimétrica global (ΔE)

Tras analizar individualmente las tres dimensiones colorimétricas, el parámetro ΔE permite sintetizar estos cambios en una sola medida cuantitativa de la eficacia blanqueadora global.

El sistema Philips Zoom! Whitespeed demostró una eficacia destacable, con valores medios de ΔE superiores al umbral clínicamente perceptible ($> 3,3$) en todos los momentos del estudio. Al finalizar el tratamiento, se alcanzó un valor medio de $\Delta E = 13,6559$, que se redujo ligeramente a $\Delta E = 10,9717$ a los 7 días y a $\Delta E = 9,4764$ al mes. Esto indica no solo un blanqueamiento inmediato clínicamente visible, sino también un efecto mantenido en el tiempo, aunque con una ligera pérdida de intensidad (Tabla 4).

Estos resultados son coherentes con la literatura existente. Nutter y cols. (2013) observaron un cambio significativo del color tras la activación lumínica, seguido de una estabilización progresiva (26). De manera similar, Takeuchi y cols. (2024), Gottenbos y cols. (2021) y Pasquale y cols. (2023) describieron que los sistemas LED inducen un

aumento temprano de ΔE , que se estabiliza en las semanas posteriores (10,16,25). Kury y cols. (2020) añadió que incluso con concentraciones moderadas de peróxido, la activación lumínica logra resultados comparables a protocolos tradicionales, subrayando su eficacia (18).

Además de la eficacia colorimétrica demostrada, resulta fundamental considerar la seguridad del tratamiento de blanqueamiento, tanto a nivel de la estructura del esmalte como del tejido pulpar. Según lo señalado en la literatura, diversos factores influyen en la eficacia y seguridad de estos tratamientos, entre ellos la concentración del agente blanqueador, el pH del gel, el tiempo de contacto, la intensidad de la fuente de luz y las condiciones clínicas individuales (35).

En el caso del protocolo Philips Zoom! Whitespeed, la concentración de HP es relativamente baja (25 %), pero la activación mediante LED permite alcanzar niveles de eficacia comparables a sistemas con un 35 % sin luz, reduciendo así el riesgo potencial de alteraciones tisulares. Carrasco y cols. (2008) demostraron que las fuentes LED inducen un incremento térmico mínimo en la cámara pulpar, a diferencia de las lámparas halógenas que generan aumentos significativos de temperatura, lo que respalda el perfil seguro de esta tecnología para tratamientos de blanqueamiento (36). Asimismo, Suresh y cols. (2020) observaron, mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopía de rayos X (EDX), que los protocolos activados por LED provocan alteraciones mínimas en la estructura del esmalte, en comparación con agentes ácidos más agresivos (35). Takeuchi y cols. (2024) completan este panorama señalando que, aunque la combinación de LED y peróxido puede provocar sensibilidad transitoria, especialmente durante las primeras 24 horas, no compromete la integridad del tejido dental a medio plazo (10).

En cuanto a los protocolos de intensidad media, los resultados fueron especialmente relevantes para pacientes sensibles. Tras tres aplicaciones (grupo A), el ΔE fue de 9,2021, mientras que con cuatro aplicaciones (grupo C), se alcanzó 14,0936. Ambos generaron cambios clínicamente perceptibles, posicionándose como opciones eficaces y conservadoras para minimizar efectos adversos.

Comparativamente, el grupo B (alta intensidad, tres aplicaciones) mostró el mayor ΔE inmediato (18,9367), seguido de C ($\Delta E = 14,0936$) (media intensidad, cuatro aplicaciones), D ($\Delta E = 12,3914$) (alta intensidad, cuatro aplicaciones) y A ($\Delta E = 9,2021$) (media intensidad, tres aplicaciones). Esto refuerza la idea de que la alta intensidad potencia el aclaramiento inicial (Tabla 4).

Sin embargo, la evolución durante el seguimiento reveló matices importantes. A los siete días, todos los grupos mostraron una disminución general de ΔE , indicando una ligera regresión del efecto blanqueador inicial. No obstante, entre la semana y el mes, los valores tendieron a estabilizarse en la mayoría de los grupos. Especialmente destacable fue el comportamiento del grupo D, que fue el único en presentar un leve aumento entre la semana y el mes (de 9,4591 a 9,4764) (Tabla 4). Esto sugiere que, aunque la alta intensidad puede inducir una mayor regresión inicial (como en B), algunos protocolos como D ofrecen estabilidad a medio plazo. Por su parte, el grupo C combinó un aclaramiento inmediato notable con una excelente estabilidad al mes, consolidándose como el más equilibrado. Esta interpretación es coherente con lo descrito en la literatura, donde se ha señalado que, aunque los protocolos activados por LED permiten alcanzar un blanqueamiento inicial elevado, la estabilidad del color en el tiempo depende en gran medida de factores como la intensidad, el número de aplicaciones y las características del esmalte tratado (10,14,17,18).

Desde el punto de vista clínico, estas observaciones permiten establecer perfiles diferenciados. El grupo B demostró ser la opción más rápida en cuanto a efecto inmediato, aunque fue también el que más regresión mostró con el tiempo (de 18,9367 al final a 10,8027 al mes) (Tabla 4). En contraste, el grupo C combinó un buen aclaramiento inicial con una excelente estabilidad, consolidándose como una alternativa equilibrada, especialmente adecuada para pacientes con mayor sensibilidad. Por su parte, el grupo D, aunque con un ΔE ligeramente inferior al de C, mostró un patrón de estabilidad notable, siendo el único que mejoró ligeramente entre la semana y el mes, lo que refuerza su papel como opción fiable para quienes buscan durabilidad en los resultados. Finalmente, el grupo A resultó ser el menos eficaz en todas las fases del

estudio, lo que sugiere que los protocolos de intensidad media con solo tres aplicaciones pueden no ser los más recomendables para obtener resultados óptimos.

Estabilidad y consideraciones clínicas

En contraste con algunos estudios como el de Lilaj y cols. (2019), que observaron un incremento de ΔE durante la primera semana postratamiento, interpretado como una posible acción prolongada del HP en la dentina, los resultados del presente estudio mostraron una ligera regresión de ΔE tras la fase activa, especialmente en los grupos B, C y D. Esta diferencia podría explicarse por variaciones metodológicas, como el uso de dientes bovinos por parte de Lilaj, o por diferencias en la microestructura del esmalte (19). Esta disminución de ΔE sugiere que el efecto máximo del blanqueamiento se alcanza al finalizar el protocolo de aplicación, seguido de una fase de estabilización o ligera pérdida de luminosidad, probablemente asociada a la rehidratación del esmalte o a un reequilibrio pigmentario, como también lo plantean Takeuchi y cols. (2024) (10). Además, estudios como el de Raheel y cols. (2014) han sugerido que, tras el blanqueamiento, la superficie dental puede presentar una mayor susceptibilidad a la repigmentación, lo que refuerza la importancia de considerar la estabilidad del color a medio y largo plazo (27). En particular, la caída observada en el grupo B ($\Delta E = 18,93 \rightarrow 12,17$) destaca la importancia de realizar un seguimiento a mediano plazo (30 días) para evaluar la estabilidad real del tono dental (Tabla 4).

En conjunto, todos los protocolos fueron eficaces. La intensidad alta generó un efecto inmediato mayor, pero las diferencias se igualaron a los otros grupos con el tiempo. En este sentido, un protocolo de cuatro aplicaciones a intensidad media puede representar una opción ideal para pacientes sensibles, ofreciendo un equilibrio entre eficacia inicial y estabilidad a medio plazo. En términos estratégicos, la comparación entre B y C resulta particularmente interesante. Mientras que B prioriza la rapidez, ofreciendo un efecto inmediato más visible, C destaca por su equilibrio y estabilidad, aspectos clave en pacientes que valoran la durabilidad y la menor sensibilidad. D, por su parte, se posiciona como una opción intermedia-alta, combinando un buen aclaramiento con la mejor estabilidad observada. Por tanto, la elección del protocolo

debe basarse en las características individuales del paciente, el objetivo estético deseado y la tolerancia clínica.

Aunque no se excluyó ningún dato en este estudio, se observaron respuestas atípicamente altas o bajas en ciertos dientes. Estas variaciones, si bien dentro de los rangos clínicamente aceptables, podrían estar relacionadas con diferencias individuales en la morfología y densidad del esmalte, lo que influiría en la penetración de los agentes blanqueadores. Estos hallazgos abren la puerta a nuevas investigaciones que podrían centrarse en:

- La evaluación del uso complementario de tratamientos domiciliarios como Zoom! NiteWhite (16 % CP), recomendado por el fabricante para reforzar y mantener el efecto blanqueador (9).
- La realización de estudios con un mayor tamaño muestral, que permitan confirmar estos resultados y aumentar la fiabilidad de las conclusiones.
- El análisis de la influencia de la estructura del esmalte y la dentina en la eficacia del tratamiento, mediante tecnologías como SEM o EDX (como en Suresh y cols., 2020).
- Finalmente, la realización de estudios *in vivo* a largo plazo sería esencial para validar y extrapolar los resultados obtenidos en condiciones de laboratorio a escenarios clínicos reales.

Resultados claves:

Los resultados obtenidos en este estudio reflejan una eficacia inicial notable del sistema Philips Zoom! Whitespeed, seguida de una pérdida progresiva del efecto blanqueador durante el seguimiento. La media global del cambio de color ΔE fue de 13,6559 inmediatamente después del tratamiento, pero descendió a 10,9717 a los 7 días y a 9,4764 al mes. Esta evolución indica que, aunque el blanqueamiento fue clínicamente perceptible y significativo en todos los grupos al finalizar el tratamiento ($\Delta E > 3,3$), su efecto disminuyó con el tiempo, probablemente como resultado de procesos como la rehidratación del esmalte y la reversión parcial de los cambios ópticos inducidos por la deshidratación inicial (10,26)). Esto confirma que las mediciones realizadas inmediatamente después del tratamiento pueden sobreestimar la eficacia real a medio

plazo. De manera similar, Basheer y cols. (2023) observaron que, tras el blanqueamiento, la exposición de las piezas dentales a agentes pigmentantes como el café y el té provocó una reducción parcial del ΔE logrado inicialmente, subrayando la importancia de evaluar la estabilidad del color a lo largo del tiempo y no solo el resultado inmediato (31).

A nivel comparativo, solo se observó una diferencia estadísticamente significativa entre grupos al final del tratamiento, entre los grupos A y B (ANOVA $p = 0,003$), lo que sugiere que la alta intensidad lumínica puede generar un aclaramiento más inmediato. Sin embargo, esta diferencia no se mantuvo ni a los 7 días ($p = 0,155$) ni al mes ($p = 0,237$), lo que indica una homogeneización progresiva de los resultados independientemente del protocolo aplicado.

En conjunto, estos hallazgos ponen de manifiesto la necesidad de considerar el momento de la medición del color al evaluar la eficacia de un tratamiento blanqueador. Aunque el resultado inmediato puede ser impactante, su estabilidad en el tiempo es variable y debe ser objeto de evaluación crítica. Como sugieren Gottenbos y cols. (2021) y Pasquale y cols. (2023), protocolos con múltiples aplicaciones pueden ofrecer una eficacia inicial elevada, pero requieren seguimiento prolongado para valorar su durabilidad estética (16,25).

Limitaciones del estudio:

A pesar de los resultados concluyentes obtenidos, esta investigación presenta una serie de limitaciones metodológicas que deben tenerse en cuenta al interpretar los hallazgos:

- Variabilidad estructural de las muestras dentales: Aunque se intentó asegurar una distribución equilibrada de tipos dentales (incisivos centrales, incisivos laterales, caninos) en los distintos grupos experimentales, no se logró una homogeneidad total. Además, factores individuales como el grosor del esmalte, el grado de mineralización o la morfología superficial no pudieron ser controlados. Estas variaciones anatómicas podrían haber influido en la respuesta al tratamiento blanqueador, ya que afectan la penetración y la acción del HP sobre la estructura dental. A esto se suma un tamaño muestral limitado ($n = 12$

por grupo), lo cual reduce la potencia estadística y puede amplificar el impacto de estas variaciones individuales.

- Fiabilidad de las mediciones colorimétricas: Aunque se utilizaron férulas de posicionamiento perforadas para estandarizar las zonas de lectura, se observaron ligeras diferencias entre las dos mediciones consecutivas realizadas sobre cada pieza dental. Estas variaciones, de unas décimas en los valores ΔE , reflejan una limitación inherente al procedimiento instrumental incluso bajo condiciones controladas.
- Simulación limitada del entorno oral: Las piezas dentales fueron almacenadas en agua destilada, un medio que no reproduce las propiedades físicas ni químicas de la saliva. Como han indicado Takeuchi y cols. (2024) y Pasquale y cols. (2023), la presencia de saliva humana desempeña un papel importante en los procesos de rehidratación, remineralización y estabilización postratamiento (10,25).
- Naturaleza *in vitro* del estudio: Al ser un estudio *ex vivo*, no se pudieron replicar condiciones fisiológicas reales como la temperatura intraoral, el pH salival, el flujo sanguíneo pulpar o la presión oclusal. Esto limita la extrapolación directa de los resultados al entorno clínico habitual.
- Duración limitada del seguimiento: El seguimiento de los cambios de color se limitó a un mes, lo que impide evaluar con precisión la estabilidad del color a largo plazo. Estudios como el de Lilaj y cols. (2019) han mostrado que las modificaciones del tono dental pueden continuar más allá de los 30 días tras el tratamiento, especialmente en condiciones clínicas reales (19).

11. CONCLUSIONES

Este estudio experimental ha permitido evaluar comparativamente distintos protocolos de blanqueamiento dental con el sistema Philips Zoom! Whitespeed. A partir del análisis de los datos obtenidos y en función de los objetivos establecidos, se presentan a continuación las conclusiones del trabajo.

11.1 Conclusión principal

El sistema de blanqueamiento Philips Zoom! Whitespeed demostró ser eficaz para lograr un aclaramiento dental visible y clínicamente perceptible en todas las opciones terapéuticas analizadas, cuando se aplicó sobre superficies externas de dientes anteriores humanos extraídos.

11.2 Conclusiones secundarias

- Inmediatamente tras el tratamiento, los protocolos con alta intensidad mostraron un mayor aclaramiento que los de intensidad media. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos al comparar el inicio y el final del tratamiento, especialmente entre el grupo con menor eficacia (media intensidad, tres aplicaciones) y el más eficaz (alta intensidad, tres aplicaciones). En cambio, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos con cuatro aplicaciones. En conjunto, los protocolos con cuatro aplicaciones ofrecieron mejores resultados inmediatos que los de tres, independientemente de la intensidad aplicada.
- Aunque el mayor descenso del aclaramiento se produjo durante la primera semana tras el tratamiento, los valores se mantuvieron estables entre la semana y el mes. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en esos intervalos. Los protocolos de cuatro aplicaciones conservaron mejor el efecto blanqueador, mientras que el protocolo de tres aplicaciones con

alta intensidad mostró la mayor pérdida. En cambio, el de cuatro aplicaciones con alta intensidad fue el único que presentó una ligera recuperación del tono entre la semana y el mes.

12. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Mazilu Moldovan A, Popescu V, Ionescu CV, Cuc S, Craciun A, Moldovan M, Dudea D, Mesaros AS. Various aspects involved in the study of tooth bleaching procedure: A questionnaire–based study. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(3977). doi:10.3390/ijerph19073977.
- (2) Carey CM. Tooth Whitening: What We Now Know. *J Evid Based Dent Pract*. 2014;14(Suppl):70–76. doi:10.1016/j.jebdp.2014.02.006.
- (3) Jin Y, Paranhos KS, Salamone A, Bongiorno W, Brizuela M. Internal Tooth Whitening. *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 May 7. Available from : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38753915/>
- (4) Amengual Lorenzo J, Forner Navarro L. Blanqueamiento dental: bases científicas y técnicas clínicas. 1ère éd. Espagne: EEE; 2011.
- (5) Fioresta R, Melo M, Forner L, Sanz JL. Prognosis in home dental bleaching: a systematic review. *Clin Oral Investig*. 2023;27(6):3347–61. doi:10.1007/s00784-023-05069-0.
- (6) Kahler B. Present status and future directions – Managing discoloured teeth. *Int Endod J*. 2022;55(Suppl. 4):922-950. doi:10.1111/iej.13711.
- (7) Borello A. L'éclaircissement dentaire : pourquoi ? quand ? comment ? [thèse]. Lyon, France : Université Claude Bernard Lyon I, U.F.R. d'Odontologie; 2018. Thèse N° 2018 LYO 1D 020.
- (8) Duc T. L'éclaircissement dentaire : comparaison entre méthodes employées en cabinet dentaire et systèmes du commerce [thèse]. Nancy, France : Université de Lorraine, Faculté d'Odontologie ; 2012.

- (9) Amengual J, Oteo J, Creagh J, Iturralde J, Giráldez I, Llambés G. *Libro Blanco de Blanqueamiento Dental*. Madrid: Editorial Aral; 2019. ISBN: 978-84-09-07881-3.
- (10) Takeuchi EV, Costa JLSG, Silva CLA, Barros APO, Machado BL, Casarin HH, Besegato JF, Kuga MC, Silva CM. Influence of blue and violet LED and infrared laser on the temperature of bleaching protocols in different concentrations of hydrogen peroxide. *Photodiagn Photodyn Ther*. 2024 Feb;45:104006. doi:10.1016/j.pdpdt.2024.104006.
- (11) Ward M, Ziemba SL, Fleix H. Light-Activated System for Bleaching Teeth. *Academy of Dental Materials Meeting*; 2006 Oct 23-25; São Paulo, Brazil.
- (12) Fekrazad R, Alimazandarani S, Kalhori KAM, Assadian H, Mirmohammadi SM. Comparison of laser and power bleaching techniques in tooth color change. *J Clin Exp Dent*. 2017;9(4):e511-5. doi:10.4317/jced.53435.
- (13) 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 (Basel)*. 2022;15(14):5045. doi:10.3390/ma15145045.
- (14) Ahrari F, Akbari M, Mohammadipour HS, Fallahrastegar A, Sekandari S. The efficacy and complications of several bleaching techniques in patients after fixed orthodontic therapy: A randomized clinical trial. *Swiss Dent J*. 2020;130(6):493–501.
- (15) Shahabi S, Assadian H, Mahmoudi Nahavandi A, 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. doi:10.15171/jlms.2018.0
- (16) Gottenbos B, de Witz C, Heintzmann S, Born M, Hötzel S. Insights into blue light accelerated tooth whitening. *Heliyon*. 2021;7:e05913. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e0591

- (17) Lee HW, Kim MJ, Kim KH, Kwon TY. Stability of tooth bleaching using LED light and 25% hydrogen peroxide: An in vitro study. *J Esthet Restor Dent*. 2019;31(4):345–50.
- (18) 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. *J Appl Oral Sci*. 2020;28:e20190720.
- (19) Lilaj B, Dauti R, Agis H, Schmid-Schwap M, Franz A, Kanz F, Moritz A, Schedle A, Cvikl B. Comparison of bleaching products with up to 6% and with more than 6% hydrogen peroxide: whitening efficacy using BI and WID and side effects – An in vitro study. *Front Physiol*. 2019;10:919.
- (20) Moher D, Hopewell S, Schulz KF, Montori V, Gøtzsche PC, Devereaux PJ, et al. CONSORT 2010 Statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials [Internet]. Equator-network.org; [citado el 10 de febrero 2025]. Disponible en: <https://www.equator-network.org/reporting-guidelines/consort/>
- (21) Ferrán Aranaz M. SPSS para Windows. Programación y análisis estadístico. Madrid: McGraw-Hill; 1996.
- (22) Sánchez M, Frutos G, Cuesta PL. Estadística y matemáticas aplicadas. Madrid: Editorial Síntesis; 1996.
- (23) IBM Corp. IBM SPSS Statistics para Windows, versión 29.0. Armonk, NY: IBM Corp; 2021. Disponible en: https://www.ibm.com/docs/SSLVMB_29.0.0/pdf/IBM_SPSS_Advanced_Statistics.pdf y https://www.ibm.com/docs/SSLVMB_29.0.0/pdf/IBM_SPSS_Statistics_Base.pdf
- (24) Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. *J Esthet Restor Dent*. 2015;27(2):S29–S37. doi:10.1111/jerd.12152

- (25) Pasquale C, De Angelis N, Barberis F, Lagazzo A, Dellacasa E, Biggio D, et al. Safety and effectiveness of conventional commercial products for professional tooth bleaching: Comparative ex vivo study using AFM microscopy and nanoindentation. *Appl Sci*. 2023;13(16):9371. doi:10.3390/app13169371
- (26) Nutter S, Sharif MO, Smith AB, Brunton PA. A randomised control trial of home tooth whitening using an experimental light and a 10% carbamide peroxide gel. *Br Dent J*. 2013;215(7):E12.
- (27) Latha SP, Hegde V, Raheel SA, Tarakji B, Azzeghaiby SN, Nassani MZ. An in vitro study on post bleaching pigmentation susceptibility of teeth and scanning electron microscopy analysis. *J Int Oral Health*. 2014;6(5):84–8.
- (28) Kabil SH, Haridy MF, Farid MR. Effect of high light intensity bleaching protocol versus descending light intensities bleaching protocol on post bleaching teeth sensitivity: A randomized clinical trial. *Open Access Maced J Med Sci*. 2019;7(13):2173–81. doi:10.3889/oamjms.2019.588
- (29) AlSheikh R, El-Embaby AE. Spectrophotometric comparison of effectiveness of two in-office bleaching agents with/without light activation: A clinical study. *J Contemp Dent Pract*. 2018;19(6):637–41. doi:10.5005/jp-journals-10024-2311
- (30) Díaz-Muñoz G. Metodología del estudio piloto. *Rev Chil Radiol*. 2020;26(3):100–104. doi:10.4067/S0717-93082020000300100.
- (31) 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):e39036. doi:10.7759/cureus.39036
- (32) Bétrisey E, Di Bella E, Krejci I, Ardu S. Influence of Storage Media on Color Stability of Different Resin Composites as Determined by ΔE and ΔE_{00} . *Dent Adv Res*. 2018;3:151.

(33) Sulieman M, Addy M, Rees JS. Development and evaluation of a method in vitro to assess the efficacy of tooth whitening. *J Dent*. 2003;31(6):415–22.

(34) Huang W, Ren L, Fu J, Li Q, Yu H. Evaluation of the Color Stability, Water Sorption, and Solubility of Current Resin Composites. *Materials (Basel)*. 2022;15(19):6765.

(35) Suresh S, Navit S, Khan SA, Sharma A, Jabeen S, Grover N, Alia S. Effect of diode laser office bleaching on mineral content and surface topography of enamel surface: An SEM study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2020;13(5):481–5. doi:10.5005/jp-journals-10005-1823

(36) Carrasco TG, Carrasco-Guerisoli LD, Fröner IC. In vitro study of the pulp chamber temperature rise during light-activated bleaching. *J Appl Oral Sci*. 2008;16(5):355–9. doi:10.1590/S1678-77572008000500007

13. Anexos

Anexo I: Tabla de las directrices ARRIVE y CONSORT modificadas para estudios “*in vitro*”

Ítem	Descripción (según ARRIVE / CONSORT)	Páginas
1	Título	1
2	Resumen estructurado del contexto, objetivos, métodos clave, hallazgos principales y conclusión	1
3	Introducción: antecedentes, enfoque experimental y justificación/hipótesis	7-22
4	Objetivos primarios y secundarios del experimento	24
5	Diseño del estudio, número de grupos, aleatorización, replicación	26-27
6	Descripción detallada del procedimiento experimental	28-36
7	Criterios de inclusión y exclusión, tipo de muestra	27
8	Tamaño muestral y justificación basada en estudios previos	27
9	Métodos estadísticos utilizados para el análisis	39-40
10	Resultados por grupo con interpretación estadística	42-54
11	Discusión: interpretación, limitaciones, aplicabilidad	56-69
12	Fuentes de financiación y declaración de conflictos de interés	26
13	Autorización institucional para la realización del estudio	26
14	Aleatorización y enmascaramiento: no se aplicaron técnicas de aleatorización ni ceguera, ya que el investigador realizó directamente la distribución y evaluación de las muestras	27-29
15	Limitaciones específicas del estudio y posibles fuentes de sesgo	68-69
16	Acceso al protocolo: el protocolo está descrito con detalle suficiente para su replicación	28-36

Anexo II: Aprobación por la Dirección de Clínicas y del Departamento de Odontología Preclínica de la Universidad Europea de Valencia para el TFG de 2025



Comisión de investigación

La abajo firmante, autoriza la realización del siguiente proyecto de investigación en las instalaciones a su cargo de la Universidad Europea:

Datos del proyecto

Título:	"Influencia de la intensidad lumínica y el número de aplicaciones en el blanqueamiento dental: estudio experimental in vitro piloto con Philips Zoom! Whitespeed" Motivo del estudio: analizar la influencia de factores como la intensidad de la luz de una lámpara de blanqueamiento y el número de aplicaciones del producto blanqueador sobre el esmalte dental
Investigadores responsables:	Adela Hervás García/Elsa Pistré

Atentamente,

Nombre:	Anabel Gramatges Rojas
Cargo:	Directora Departamento Odontología Pre-Clínica
Firma:	

Valencia, 3 de febrero de 2025

Anexo III: Tabla de resultados Excel

3-MED

Número de diente	Grupo	INICIO L-3med	INICIO a-3MED	INICIO b-3MED	FINAL L-3MED	FINAL a-3 MED	FINAL b -3MED	SEMANA L 3-MED	SEMANA a 3-MED	SEMANA b-3MED	MES L-3MED	MES a-3MED	MES b-3MED	ΔE inicio-final-3-MED	ΔE inicio-semana-3MED	ΔE inicio-mes 3MED
1	A	70,15	2,15	23,1	80,7	0,45	19,7	78,1	0,25	16,35	79,3	0,15	18	11,2139422	10,6007075	10,66454406
2	A	64,5	1,5	19,65	73,95	0,35	18,55	71,4	1,15	14,2	68,75	0,55	14,3	9,58305797	8,7997159	6,898369373
3	A	72,4	1,3	30	78,5	0,5	26,8	76,7	1,6	20,2	76,75	1,2	21,1	6,93469538	10,706073	9,906689659
4	A	70,1	2,75	34,35	76,05	2	28,4	73,85	0,55	24,55	75,3	0,55	26	8,44792874	10,721124	10,07980655
5	A	77,7	2,55	28,5	83,3	1,6	25,1	83,3	0,3	21,75	83,15	0,35	21,95	6,61985649	9,05455686	8,800284086
6	A	63,35	1,2	26,7	69,7	0,4	24,75	67,25	1,35	19,05	66,05	1,25	20	6,69066514	8,58807312	7,223745566
7	A	71,7	0,65	22,05	79,65	1,35	17,85	75,4	2,1	12,85	76,25	1,9	13,75	9,0184533	10,0216017	9,547512765
8	A	72,2	0,1	20,8	81,55	1,5	18,05	81,15	2,15	14,25	77,8	2,1	13,65	9,8460652	11,2786302	9,299596765
9	A	76,85	0,1	19,4	81,05	1,35	15,9	79,4	1,85	11,05	79,7	1,6	12,45	5,60825285	8,90435287	7,659960835
10	A	68,655	0,2	18,55	76,45	0,85	17,65	75,05	1,4	13,95	75,15	1,1	13,8	7,8736602	7,96843931	8,096760155
11	A	63,6	2,75	23,05	80,05	2,3	25,6	72,3	0	16,2	70,25	0,25	16,65	16,6525524	11,4094259	9,562034302
12	A	69,75	2,65	29,15	79,95	0,1	23,5	80,65	1	18,25	75,5	1,05	17,25	11,9358703	15,5029836	13,31286971
MEDIAS														9,20208335	10,296307	9,254347819
MEDIANA														8,73319102	10,3111546	9,423554765

3-HIGH

Número de diente	Grupo	INICIO L-3high	INICIO a-high	INICIO b-3high	FINAL L-3high	FINAL a-3high	FINAL b-3high	SEMANA L 3high	SEMANA a 3high	SEMANA b-3high	MES L-3high	MES a-3high	MES b-3high	ΔE inicio-final-3-HIGH	ΔE INICIO-semana-3HIGH	ΔE Finicio-mes 3HIG
1	B	74,55	0,3	19,6	84,6	0,75	20,9	84,2	1,1	16,55	79,5	1,6	16,4	10,1437173	10,1520934	6,035934062
2	B	65,9	4,6	29,5	73,7	2,2	25,8	71,95	1,35	23,65	71,85	1,3	23,9	8,96046874	9,02150209	8,812065592
3	B	73,55	1,95	23,45	79,1	2	23,95	78,05	0,2	17,95	78,8	0,4	18,8	5,57270132	7,31864058	7,182443874
4	B	73,05	3,4	31,8	86,55	2,3	30,15	82,05	0,7	24,7	80,55	0,35	23,45	13,6448708	11,7770964	11,63077813
5	B	69,05	0,3	18,65	92,65	0,5	20,1	75,6	0,95	13,75	73,75	0,95	14,15	23,6453484	8,20579064	6,539304244
6	B	56,25	4,4	32,65	78,15	3,25	35,1	65,7	0,15	22,25	64,95	0,05	24	22,0666037	14,6807697	13,01672002
7	B	71	0,9	25	89,5	0,15	27,5	82	2,1	19	79,5	2,05	19,45	18,6832144	12,5872952	10,21640837
8	B	53,15	5	21,2	79,45	1,65	19,8	68,4	1,95	16,65	67,9	1,9	16,7	26,549435	16,2039347	15,72966942
9	B	56,05	0,45	17,15	87,55	1,9	18,9	66,3	1,9	10,7	65,8	2	10,35	31,5818777	12,1970283	11,98770203
10	B	56,65	2,2	20,15	87,1	0,7	24,65	71,3	0,2	15,75	70,45	0,2	15,4	30,8172435	15,4266814	14,73100472
11	B	60,1	4,6	27,1	86	1,7	25,6	75,5	0,8	19,05	73,45	0,6	18,35	26,1049804	17,7877064	16,45554618
12	B	60,65	2,15	25,9	70,1	1,8	25,4	65,95	0,55	20,25	63,8	0,25	19,6	9,46968848	7,91027812	7,295375247
MEDIAS														18,9366791	11,9390681	10,80274599
MEDIANA														20,3749091	11,9870624	10,92359325

4-MED

Número de diente	Grupo	INICIO L-4MED	INICIO a-4MED	INICIO b-4MED	FINAL L-4MED	FINAL a-4MED	FINAL b -4MED	SEMANA L 4MED	SEMANA a 4MED	SEMANA b-4MED	MES L-4MED	MES a-4MED	MES b-4MED	ΔE inicio-final-4-MED	ΔE inicio-semana-4MED	ΔE inicio-mes 4MED
1	C	63,7	0,15	23,45	71,5	1,25	24,65	70,7	1,65	16,55	69,65	1,3	17,75	7,96806124	9,94283662	8,319555277
2	C	65	2,05	28,45	82,35	0,7	24	76,35	1,1	18,3	75,4	1,3	17,45	17,9623913	15,2560644	15,15659922
3	C	65,25	2,85	24,55	73,15	2,05	22,3	72,25	1,4	19,4	72,25	1,2	18,8	8,25302975	8,81050509	9,207877063
4	C	72,7	1,1	20,8	84,2	0,45	18,4	79,85	0,9	15,05	78,15	1,05	13,65	11,7657341	9,17741794	8,990411559
5	C	60,55	3,9	23,5	77,75	0,65	17,15	72,3	0,4	14,5	75,2	0,6	15,25	18,6205532	15,2089612	17,13403047
6	C	75	1,05	27,05	81,85	1,4	28,25	83,7	1,55	20,2	83,65	1,15	21,9	6,96311712	11,0843358	10,06752204
7	C	62,35	0,2	20,3	73,3	0,8	19,15	67,8	1,3	14,15	67,2	1,3	14,2	11,0265588	8,29065739	7,870355773
8	C	64,8	4,65	28,6	82,9	0,25	17,55	76,45	0,1	13,8	79,3	0,05	15,6	21,6580816	19,3769193	20,01024737
9	C	68,1	0,35	18,7	82,3	0,3	19,35	77,75	1,05	14,15	76,65	1,2	13,55	14,2149569	10,6918193	10,01735993
10	C	65,9	3,95	29,55	79,25	2,7	25,35	79,15	1,05	23,05	79,15	0,25	21,65	14,0508007	15,0406948	15,86387405
11	C	60,15	3,25	20,25	80,5	0,9	21,25	71,8	0,1	14,65	70,1	0,25	15,4	20,5096319	13,3043226	11,46843494
12	C	55,4	1,55	27,8	70,9	2,55	32,15	63,55	0,45	21,9	62,85	0,25	22,5	16,1298636	10,1213882	9,234852462
MEDIAS														14,093565	12,1921602	11,94509335
MEDIANA														14,1328788	10,8880775	10,04244099

4-HIGH

Número de diente	Grupo	INICIO L-4high	INICIO a-4high	INICIO b-4high	FINAL L-4high	FINAL a-4high	FINAL b -4high	SEMANA L 4high	SEMANA a 4high	SEMANA b-4high	MES L-4high	MES a-4high	MES b-4high	ΔE inicio-final-4-HIGH	ΔE INICIO-semana-4-HIGH	ΔE INICIO-mes 4-HIGH
1	D	65,8	2,65	29,5	79,8	4,95	34,1	74,6	1,9	25,3	72,6	1,4	24,15	14,9147578	9,77969836	8,742139326
2	D	59,1	4,3	27,75	76,65	2,4	28,3	73,5	0,75	17,65	73,9	0,4	18,75	17,6611155	17,9435922	17,7552809
3	D	76,85	1,4	25,2	76,4	3,1	29,3	75,35	1,25	25,05	76,15	1,35	25,55	4,46122181	1,51492574	0,784219357
4	D	69,2	0,6	27,3	78,2	1,1	25,8	76,65	0,35	21,45	76,8	1,3	19,3	9,13783344	9,47562663	11,05667219
5	D	76,15	0,75	22,4	80,85	1,6	22,65	80,2	0,15	17,85	83,25	0,15	16,9	4,78278162	6,12086595	9,001111043
6	D	64,7	0,95	25,5	79,85	0,05	20,05	74,55	1,25	14,2	75,3	1,35	13,95	16,1256008	14,9934152	15,68191634
7	D	66	1,35	23,2	81,75	1,85	24,35	76,05	0	17,65	75,65	0,15	18,05	15,7998418	11,5597362	11,00386296
8	D	66,75	0,65	18,8	80,8	0,65	19,7	71,6	1,55	10,95	71,2	1,45	10,65	14,0787961	9,27119194	9,320139484
9	D	77,6	0,3	19,55	82,2	0,2	19,6	73,65	0,9	12,55	74,8	0,7	13,65	4,6013585	8,05993176	6,542935121
10	D	68,2	1,95	21,85	80,55	2,2	23,8	74,55	0,6	15,95	75,2	0,8	17	12,5054988	8,7723999	8,593311352
11	D	57,65	2,2	28,25	70,85	3,8	32,85	63,05	0,35	23	63,35	0,4	23,4	14,0698259	7,75532075	7,69756455
12	D	63,05	0,2	20,35	82,8	0,5	26,05	69,05	1,15	14,75	68,75	1,1	15,5	20,5582708	8,26211232	7,538070045
MEDIAS														12,3914086	9,45906808	9,476435223
MEDIANA														14,074311	9,02179592	8,871625184

Anexo IV: Evolución estadística de la coordenada L* del grupo A entre los distintos tiempos de medición

Comparaciones por parejas						
Medida: MEASURE_1						
I) Tiempo	J) Tiempo	Difere ncia de medias (I-J)	Des v. Error	Sig.	95% de intervalo de confianza para diferenciación	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	- 8,329*	0,93 8	0,001	-11,338	-5,319
	3	- 6,133*	0,75 0	0,001	-8,539	-3,726
	4	- 5,250*	0,50 5	0,001	-6,871	-3,629
2	1	8,329*	0,93 8	0,001	5,319	11,338
	3	2,196*	0,63 3	,032	0,164	4,228
	4	3,079*	0,76 5	,012	0,626	5,532
3	1	6,133*	0,75 0	0,001	3,726	8,539
	2	- 2,196*	0,63 3	,032	-4,228	-0,164
	4	0,883	0,58 7	,962	-0,999	2,766
4	1	5,250*	0,50 5	0,001	3,629	6,871
	2	- 3,079*	0,76 5	,012	-5,532	-0,626
	3	-0,883	0,58 7	,962	-2,766	0,999
Se basa en medias marginales estimadas						
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.						
a. Grupo = A						
c. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.						

Anexo V: Evolución estadística de la coordenada L* del grupo B entre los distintos tiempos de medición.

Comparaciones por parejas						
Medida: MEASURE_1						
(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	95% de intervalo de confianza para diferenciación	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-18,708*	2,647	<0,001	-27,201	-10,216
	3	-9,754*	1,101	<0,001	-13,286	-6,223
	4	-8,362*	1,121	<0,001	-11,958	-4,767
2	1	18,708*	2,647	<0,001	10,216	27,201
	3	8,954*	1,976	0,005	2,616	15,292
	4	10,346*	1,933	0,001	4,143	16,548
3	1	9,754*	1,101	<0,001	6,223	13,286
	2	-8,954*	1,976	0,005	-15,292	-2,616
	4	1,392*	0,408	0,035	0,083	2,700
4	1	8,362*	1,121	<0,001	4,767	11,958
	2	-10,346*	1,933	0,001	-16,548	-4,143
	3	-1,392*	0,408	0,035	-2,700	-0,083
Se basa en medias marginales estimadas						
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.						
a. Grupo = B						
c. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.						

Anexo VI: Evolución estadística de la coordenada L* del grupo C entre los distintos tiempos de medición.

Comparaciones por parejas						
Medida: MEASURE_1						
(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	95% de intervalo de confianza para diferenciación	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-13,421*	1,290	<0,001	-17,559	-9,283
	3	-9,396*	0,721	<0,001	-11,708	-7,084
	4	-9,221*	0,986	<0,001	-12,385	-6,057
2	1	13,421*	1,290	<0,001	9,283	17,559
	3	4,025*	0,943	0,008	1,000	7,050
	4	4,200*	1,038	0,012	0,869	7,531
3	1	9,396*	0,721	<0,001	7,084	11,708
	2	-4,025*	0,943	0,008	-7,050	-1,000
	4	0,175	0,444	1,000	-1,249	1,599
4	1	9,221*	0,986	<0,001	6,057	12,385
	2	-4,200*	1,038	0,012	-7,531	-0,869
	3	-0,175	0,444	1,000	-1,599	1,249
Se basa en medias marginales estimadas						
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.						
a. Grupo = C						
c. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.						

Anexo VII: Evolución estadística de la coordenada L* del grupo D entre los distintos tiempos de medición.

Comparaciones por parejas						
Medida: MEASURE_1						
(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	95% de intervalo de confianza para diferenciación	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-11,638*	1,730	<0,001	-17,188	-6,087
	3	-5,979*	1,437	0,010	-10,589	-1,369
	4	-6,325*	1,351	0,004	-10,660	-1,990
2	1	11,638*	1,730	<0,001	6,087	17,188
	3	5,658*	1,104	0,002	2,116	9,200
	4	5,312*	1,278	0,010	1,212	9,413
3	1	5,979*	1,437	0,010	1,369	10,589
	2	-5,658*	1,104	0,002	-9,200	-2,116
	4	-0,346	0,343	1,000	-1,445	0,753
4	1	6,325*	1,351	0,004	1,990	10,660
	2	-5,312*	1,278	0,010	-9,413	-1,212
	3	0,346	0,343	1,000	-0,753	1,445
Se basa en medias marginales estimadas						
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.						
a. Grupo = D						
c. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.						

Anexo VIII: Comparación intergrupar e intragrupal de la coordenada L* mediante ANOVA unifactorial

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
INICIO L	Entre grupos	262,287	3	87,429	2,259	0,095
	Dentro de grupos	1702,988	44	38,704		
	Total	1965,275	47			
FINAL L	Entre grupos	165,925	3	55,308	2,340	0,086
	Dentro de grupos	1039,781	44	23,631		
	Total	1205,707	47			
SEMANA L	Entre grupos	50,189	3	16,730	0,578	0,633
	Dentro de grupos	1273,831	44	28,951		
	Total	1324,020	47			
MES L	Entre grupos	47,567	3	15,856	0,534	0,661
	Dentro de grupos	1306,733	44	29,698		
	Total	1354,300	47			

Anexo IX: Comparación intergrupar de la coordenada a* mediante ANOVA unifactorial

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Medida: MEASURE_1					
Variable transformada: Media					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	81,120	1	81,120	319,942	<0,001
Grupo	0,795	3	0,265	1,045	0,382
Error	11,156	44	0,254		

Anexo X: Evolución estadística de la coordenada b* del grupo A entre los distintos tiempos de medición

Comparaciones por parejas^a						
Medida: MEASURE_1						
(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	95% de intervalo de confianza para diferenciación	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	2,788*	0,658	0,008	0,675	4,900
	3	7,721*	0,552	<0,001	5,949	9,492
	4	7,200*	0,569	<0,001	5,375	9,025
2	1	-2,788*	0,658	0,008	-4,900	-0,675
	3	4,933*	0,498	<0,001	3,335	6,532
	4	4,412*	0,551	<0,001	2,644	6,181
3	1	-7,721*	0,552	<0,001	-9,492	-5,949
	2	-4,933*	0,498	<0,001	-6,532	-3,335
	4	-0,521	0,241	0,323	-1,295	0,253
4	1	-7,200*	0,569	<0,001	-9,025	-5,375
	2	-4,412*	0,551	<0,001	-6,181	-2,644
	3	0,521	0,241	0,323	-0,253	1,295
Se basa en medias marginales estimadas						
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.						
a. Grupo = A						
c. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.						

Anexo XI: Evolución estadística de la coordenada b* del grupo B entre los distintos tiempos de medición.

Comparaciones por parejas^a						
Medida: MEASURE_1						
(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	95% de intervalo de confianza para diferenciación	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-0,475	0,662	1,000	-2,597	1,647
	3	5,992*	0,550	<0,001	4,227	7,756
	4	5,967*	0,529	<0,001	4,270	7,663
2	1	0,475	0,662	1,000	-1,647	2,597
	3	6,467*	0,830	<0,001	3,804	9,129
	4	6,442*	0,755	<0,001	4,020	8,863
3	1	-5,992*	0,550	<0,001	-7,756	-4,227
	2	-6,467*	0,830	<0,001	-9,129	-3,804
	4	-0,025	0,229	1,000	-0,761	0,711
4	1	-5,967*	0,529	<0,001	-7,663	-4,270
	2	-6,442*	0,755	<0,001	-8,863	-4,020
	3	0,025	0,229	1,000	-0,711	0,761
Se basa en medias marginales estimadas						
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.						
a. Grupo = B						
c. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.						

Anexo XII: Evolución estadística de la coordenada b* del grupo C entre los distintos tiempos de medición.

Comparaciones por parejas ^a						
Medida: MEASURE_1						
(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	95% de intervalo de confianza para diferenciación	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	1,954	1,198	0,787	-1,889	5,797
	3	7,275*	0,821	<0,001	4,640	9,910
	4	7,108*	0,742	<0,001	4,728	9,489
2	1	-1,954	1,198	0,787	-5,797	1,889
	3	5,321*	0,727	<0,001	2,987	7,654
	4	5,154*	0,636	<0,001	3,113	7,196
3	1	-7,275*	0,821	<0,001	-9,910	-4,640
	2	-5,321*	0,727	<0,001	-7,654	-2,987
	4	-0,167	0,327	1,000	-1,215	0,881
4	1	-7,108*	0,742	<0,001	-9,489	-4,728
	2	-5,154*	0,636	<0,001	-7,196	-3,113
	3	0,167	0,327	1,000	-0,881	1,215
Se basa en medias marginales estimadas						
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.						
a. Grupo = C						
c. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.						

Anexo XIII: Evolución estadística de la coordenada b* del grupo D entre los distintos tiempos de medición.

Comparaciones por parejas^a						
Medida: MEASURE_1						
(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	95% de intervalo de confianza para diferenciación	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-1,408	0,896	0,867	-4,284	1,468
	3	6,108*	0,824	<0,001	3,464	8,753
	4	6,067*	0,844	<0,001	3,358	8,775
2	1	1,408	0,896	0,867	-1,468	4,284
	3	7,517*	0,700	<0,001	5,272	9,761
	4	7,475*	0,616	<0,001	5,498	9,452
3	1	-6,108*	0,824	<0,001	-8,753	-3,464
	2	-7,517*	0,700	<0,001	-9,761	-5,272
	4	-0,042	0,297	1,000	-0,994	0,911
4	1	-6,067*	0,844	<0,001	-8,775	-3,358
	2	-7,475*	0,616	<0,001	-9,452	-5,498
	3	0,042	0,297	1,000	-0,911	0,994
Se basa en medias marginales estimadas						
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.						
a. Grupo = D						
c. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.						

Anexo XIV: Comparación intergrupal e intragrupal de la coordenada b* mediante ANOVA unifactorial

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
INICIO	Entre grupos	1,361	3	0,454	0,023	0,995
	Dentro de grupos	879,929	44	19,998		
	Total	881,290	47			
FINAL	Entre grupos	116,645	3	38,882	1,822	0,157
	Dentro de grupos	938,962	44	21,340		
	Total	1055,607	47			
SEMANA	Entre grupos	17,648	3	5,883	0,358	0,784
	Dentro de grupos	723,774	44	16,449		
	Total	741,422	47			
MES	Entre grupos	9,644	3	3,215	0,196	0,898
	Dentro de grupos	720,363	44	16,372		
	Total	730,007	47			

Anexo XV: Comparación intergrupar de la coordenada ΔE^* mediante ANOVA unifactorial

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
ΔE inicio-final	Entre grupos	594,163	3	198,054	5,393	0,003
	Dentro de grupos	1615,911	44	36,725		
	Total	2210,074	47			
ΔE inicio-semana	Entre grupos	62,034	3	20,678	1,835	0,155
	Dentro de grupos	495,915	44	11,271		
	Total	557,949	47			
ΔE inicio-mes	Entre grupos	56,536	3	18,845	1,466	0,237
	Dentro de grupos	565,733	44	12,858		
	Total	622,269	47			

Anexo XVI: Declaración detallada de uso de IA

En la elaboración del presente trabajo, se ha recurrido a herramientas de inteligencia artificial para guiar el procedimiento metodológico ChatGPT4o.

Herramienta: ChatGPT 4o

Funciones: mejorar la redacción y la coherencia formal de algunas frases en español, traducir textos redactados originalmente en francés al español respetando el contenido técnico y académico, facilitar la interpretación de los resultados estadísticos obtenidos por el especialista, mediante el análisis del significado clínico y la presentación clara de los datos.

Prompts utilizados: Traduce este texto al español respetando mis referencias y mejorando la sintaxis. Ayúdame a interpretar esta tabla de resultados, elaborada por el estadístico.

Enlace: <https://chatgpt.com/>

INFLUENCE OF LIGHT INTENSITY AND NUMBER OF APPLICATIONS ON TOOTH WHITENING WITH PHILIPS ZOOM! WHITESPEED: AN *IN VITRO* PILOT STUDY

Short title: Influence of light intensity and number of applications on
tooth whitening with Philips Zoom! Whitespeed.

Authors:

Elsa Pistré¹, Adela Hervás García²

¹ 5th-year student at Universidad Europea de Valencia, Spain.

² Professor at the Faculty of Dentistry, Universidad Europea de Valencia, Spain.

Correspondence

Adela Hervás García

Paseo Alameda 7, Valencia

46010 Valencia, Spain

adela.hervas@universidadeuropea.es

Abstract:

Introduction: Teeth whitening is an aesthetic procedure that improves dental appearance. This *in vitro* pilot study evaluates the effectiveness of the Philips Zoom! Whitespeed system, comparing different LED light intensities and number of applications. It also analyzes the stability of tooth color over time, aiming to optimize clinical protocols and reduce potential adverse effects.

Materials and Methods: Forty-eight extracted human anterior teeth were used and distributed in a controlled manner into four equal groups ($n = 12$). All specimens were treated with 25% hydrogen peroxide gel and the Zoom! Advanced Power LED light, varying in intensity (medium or high) and number of cycles (three or four). Tooth color was assessed by spectrophotometry at four time points: before treatment, immediately after, at seven days, and at one month. Repeated measures ANOVA was applied, with statistical significance set at $p < 0.05$.

Results: A significant whitening effect was observed in all groups ($\Delta E > 3,3$). Group B (high intensity, 3 cycles) achieved the highest initial ΔE (18,9367), followed by Group C (medium intensity, 4 cycles). Group D (high intensity, 4 cycles) showed the best stability between one week and one month ($\Delta E = 9,4764$). Group A (medium intensity, 3 cycles) had the lowest ΔE (9,2021), but showed stable progression. Differences between groups were significant at the end of treatment ($p = 0,003$), but these differences did not persist over time

Conclusion: All protocols were effective. The high-intensity, three-application group showed the highest initial effect, while the high-intensity, four-application group demonstrated better stability at one month. Extended clinical follow-up is recommended to assess the actual duration of the whitening effect.

Keywords: tooth bleaching; dental bleaching; teeth whitening; Philips Zoom Whitespeed; power bleaching; *in vitro* tooth whitening; in-office tooth whitening; LED laser tooth bleaching; esthetic smile.

Funding: The Philips Zoom! Whitespeed whitening system was provided by Universidad Europea de Valencia. No external funding was received for this study.

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Introduction:

Tooth whitening is currently one of the most in-demand aesthetic treatments in dentistry, driven by the growing desire for a bright and harmonious smile. Tooth color plays a key role in facial aesthetics and is strongly associated with self-confidence and social perception (1). Discoloration of the teeth may result from extrinsic factors, such as the consumption of pigmented foods or smoking, as well as intrinsic causes like trauma, aging, fluorosis, or the use of certain medications (2,3).

To address these chromatic alterations, various whitening procedures have been developed to improve dental appearance through physical or chemical methods capable of removing or reducing pigments (2). Among the available bleaching agents, hydrogen peroxide (HP) and carbamide peroxide (CP) are the most commonly used, due to their proven ability to oxidize chromogenic compounds and lighten dental enamel (3).

Depending on the clinical situation, whitening can be performed internally (on non-vital teeth) or externally (on vital teeth). In-office external whitening treatments provide visible and rapid results, using high-concentration bleaching gels, often combined with light-activation systems to enhance their efficacy. These procedures are particularly effective in cases of moderate to severe intrinsic discoloration (4).

In recent years, light-activated whitening systems have gained prominence for their ability to accelerate the whitening process and reduce application time. One of the most widely used systems is Philips Zoom! Whitespeed, which combines 25% HP gel with a proprietary LED light device. This system allows for adjustment of light intensity and the application of gel in repeated cycles within a single clinical session (5). Although its clinical performance has been widely documented, the influence of light intensity and the number of applications on the final outcome and the stability of the whitening effect remains a relevant topic in current research (5).

In this context, the present *in vitro* experimental study aims to evaluate the efficacy of the Philips Zoom! Whitespeed system applied to extracted human anterior teeth, comparing four different protocols according to light intensity (medium or high) and the

number of activation cycles (three or four). Additionally, it seeks to analyze the stability of the whitening effect immediately after treatment, at 7 days, and at 1 month, through precise spectrophotometric evaluation.

Materials and Methods:

A descriptive and analytical *in vitro* experimental pilot study was conducted. The protocol was approved by the Clinic Management and the Department of Preclinical Dentistry of Universidad Europea de Valencia. The sample consisted of 48 extracted human anterior teeth (incisors and canines), evenly assigned to four experimental groups (n = 12), ensuring a proportional representation of central incisors, lateral incisors, and canines in each group. Two light intensities (medium and high) and two application frequencies (three or four cycles) were combined. Measurements were taken at three time points: immediately after treatment, at 7 days, and at 1 month.

- Inclusion and Exclusion Criteria

Included were recently extracted permanent human anterior teeth with intact crowns. Teeth with caries, restorations, enamel anomalies, endodontic treatments, or pre-existing discoloration were excluded.

- Sample Preparation

The teeth were manually and mechanically cleaned, sectioned 2 mm below the cementoenamel junction, and stored in 0.5% thymol solution. They were then stained by immersion in black tea for four cycles of 18 hours of staining followed by 6 hours of drying. Samples were stored in distilled water for 7 days to stabilize the color.

- Whitening Protocol

Each crown was embedded in light-curing acrylic resin blocks and positioned using thermoformed trays with centered holes to ensure consistent color measurements. A 25% hydrogen peroxide gel (Zoom! Advanced Power Whitening Gel, Discus Dental, Inc.) was applied and activated with the Zoom! Advanced Power LED lamp (Discus Dental, Inc.). Each cycle lasted 15 minutes.

- Group A: medium intensity, three cycles

- Group B: high intensity, three cycles
- Group C: medium intensity, four cycles
- Group D: high intensity, four cycles

Between each application, the gel was removed and replaced. At the end of the procedure, the samples were rinsed and stored in distilled water.

- **Color Evaluation**

Measurements were taken with the VITA EasyShade spectrophotometer at four time points: before treatment, after the final application, at 7 days, and at 1 month. Each tooth was measured twice, and the average was calculated. The colorimetric parameters L^* , a^* , and b^* were used, and ΔE was calculated using the following formula:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{\frac{1}{2}}$$

Where: $\Delta L^* = L_0 - L_1$

$$\Delta a^* = a_0 - a_1$$

$$\Delta b^* = b_0 - b_1$$

- **Statistical Analysis**

The statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics 29.0 (Windows). A mixed-methods approach was applied, combining descriptive analysis (mean, standard deviation, minimum, and maximum) with inferential statistics (6).

- Repeated-measures ANOVA (GLM) was used to evaluate temporal evolution within and between groups.
- For specific intergroup comparisons, one-way ANOVA (ONEWAY) was applied, followed by the Bonferroni test in case of significance ($p < 0.05$).
- Greenhouse-Geisser and Huynh-Feldt corrections were applied when the sphericity assumption was violated.

The level of significance was set at $p < 0.05$.

Results:

A total of 48 extracted human anterior teeth were analyzed, evenly distributed into four experimental groups ($n = 12$ per group) based on the combination of light intensity

(medium or high) and the number of 25% hydrogen peroxide gel applications (three or four cycles). Tooth color was evaluated using spectrophotometry according to the CIE Lab* system at four time points: before treatment (baseline), immediately after (final), at 7 days (week), and at 1 month (month).

- Overall color change (ΔE^*)

All protocols produced a clinically perceptible whitening effect, exceeding the ΔE^* threshold of 3.3 after treatment. The analysis of the overall ΔE^* variation revealed a significant difference between groups over time ($p < 0.001$, GLM within-subject) and between protocols ($p = 0.003$, intergroup ANOVA). Group B (high intensity, three applications) showed the highest final ΔE^* (18.9367), followed by groups C (14.0936), D (12.3914), and A (9.2021) (Annex I).

At 7 days, all groups exhibited a moderate decrease in ΔE^* , with group C maintaining the highest color retention, showing the smallest loss between the final and 7-day assessments. Notably, group D was the only one to show a slight increase in ΔE^* between the week and month, whereas all other groups continued to decrease. Although group B achieved the highest ΔE^* immediately after treatment, it also experienced the greatest whitening loss after one month.

At 1 month, the differences between groups were not statistically significant (ANOVA $p = 0.237$), although the trend of greater stability in the four-application groups (C and D) compared to the three-application groups (A and B) was maintained (Annex I, Fig. 1).

Multiple comparisons (Bonferroni test) revealed significant differences between specific groups, particularly between the three-application protocols (group B vs. A) and between the four-application protocols (group C vs. D), highlighting the impact of both intensity and number of cycles on the outcome (Annex IV).

- Evolution of coordinates L^* , a^* , and b^*

The L^* coordinate (lightness) increased significantly in all groups after treatment ($p < 0.001$). A slight regression was observed between the immediate and 7-day evaluations, followed

by stabilization up to the 1-month mark. Only group B showed a significant decrease in L^* between the week and the month (Annex II).

The b^* coordinate (yellow-blue axis) also decreased significantly, particularly between the end of treatment and the first week ($p < 0.001$), with no significant changes thereafter. This sustained reduction indicates a lasting decrease in the yellow component of the enamel across all groups (Annex III).

The a^* coordinate (red-green axis) showed a progressive decrease throughout the study, but without statistically significant differences between groups. Due to its stability and limited aesthetic relevance, the corresponding data are not presented.

Discussion:

The results of this *in vitro* pilot study confirm the efficacy of the Philips Zoom! Whitespeed system, with all protocols generating a clinically perceptible color change ($\Delta E^* > 3,3$). The significant difference observed between groups at the end of treatment (ANOVA $p = 0.003$), especially between Group B (high intensity, 3 applications) and Group A (medium intensity, 3 applications), highlights the enhancing effect of higher light intensity on immediate whitening.

However, this initial advantage of Group B was not maintained during follow-up. At 7 days, all groups showed a decrease in ΔE^* , and by 1 month the differences between protocols were no longer statistically significant (ANOVA $p = 0.237$). These findings suggest a progressive homogenization of the results, where color stability seems to depend more on the number of applications than on light intensity.

Group C (medium intensity, 4 applications) showed a remarkable combination of initial efficacy ($\Delta E = 14.0936$) and mid-term stability ($\Delta E = 11.9451$ at one month), establishing itself as a particularly balanced option. Meanwhile, Group D (high intensity, 4 applications), although achieving a slightly lower ΔE than Group C ($\Delta E = 12.3914$ at the end), was the only group to show a slight increase between the 1-week and 1-month evaluations ($\Delta E = 9.4591 \rightarrow 9.4764$), suggesting prolonged stabilization and positioning it as the most robust option in terms of mid-term whitening maintenance.

In contrast, Group B, which achieved the highest ΔE immediately after treatment ($\Delta E = 18.9367$), showed the greatest loss at follow-up ($\Delta E = 10.8027$ at one month), confirming that more intense protocols do not necessarily guarantee longer-lasting effects.

These results are consistent with previous studies on LED systems, which have reported a partial reduction in the whitening effect during the first weeks post-treatment, attributed to enamel rehydration processes or chromogen redistribution (7–9). Furthermore, studies such as that by Basheer et al. (2023) highlight the susceptibility of treated teeth to extrinsic re-staining, particularly in the first weeks following treatment (10). From a clinical perspective, these findings support the adaptation of the protocol choice based on the patient profile. For those seeking immediate results, Group B provides rapid whitening, albeit with less stability (9,11). For patients with higher sensitivity or those prioritizing result durability, Group C represents the best balance between efficacy and stability (7). On the other hand, Group D proved to be the most stable over time, with consistent behavior and sustained color retention without significant regression, making it an excellent option for individuals who value long-term aesthetic results (8,12).

This study presents several important limitations. First, the sample size per group was limited, which may reduce the statistical power of the analysis and limit the generalizability of the findings. Additionally, although the use of extracted human teeth provides a good clinical approximation, it cannot fully replicate intraoral conditions (saliva, pH, temperature, blood flow) (7,9). Moreover, follow-up was limited to one month; longer-term studies are needed to evaluate the durability of color stability (13). Finally, although positioning trays were used to standardize the measurements, slight variations between samples may have been influenced by structural factors such as enamel thickness or level of mineralization (14).

Conclusion:

This *in vitro* experimental study confirmed the efficacy of the Philips Zoom! Whitespeed system in achieving a clinically perceptible whitening effect on extracted human anterior teeth using different protocols of light intensity and number of application cycles.

Immediately after treatment, high-intensity protocols produced more pronounced whitening compared to medium-intensity ones, particularly when applied over three consecutive cycles. However, the four-cycle protocols—regardless of light intensity—also yielded effective immediate results, with comparable outcomes between them.

During the 7-day and 1-month follow-ups, a slight regression in whitening was observed, with better stability seen in the protocols that included four application cycles. This stability was even more notable when combined with high intensity. In contrast, shorter protocols showed greater loss of the whitening effect over time.

Overall, the results suggest that the choice of protocol should be tailored to the patient's profile, favoring those that provide a balance between immediate visible whitening and good mid-term color stability, such as combinations of medium or high intensity with an appropriate number of applications.

References:

- 1- Mazilu Moldovan A, Popescu V, Ionescu CV, Cuc S, Craciun A, Moldovan M, Dudea D, Mesaros AS. Various aspects involved in the study of tooth bleaching procedure: A questionnaire-based study. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19:3977. doi:10.3390/ijerph19073977.
- 2- Carey CM. Tooth Whitening: What We Now Know. *J Evid Based Dent Pract*. 2014;14(Suppl):70–76. doi:10.1016/j.jebdp.2014.02.006
- 3- Jin Y, Paranhos KS, Salamone A, Bongiorno W, Brizuela M. Internal Tooth Whitening. *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 May 7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38753915/>
- 4- Fioresta R, Melo M, Forner L, Sanz JL. Prognosis in home dental bleaching: a systematic review. *Clin Oral Investig*. 2023;27(6):3347–3361. doi:10.1007/s00784-023-05069-0.
- 5- Kahler B. Present status and future directions – Managing discoloured teeth. *Int Endod J*. 2022;55(Suppl. 4):922–950. doi:10.1111/iej.13711.
- 6- IBM Corp. *IBM SPSS Statistics para Windows*, versión 29.0. Armonk, NY: IBM Corp; 2021. Disponible en: https://www.ibm.com/docs/SSLVMB_29.0.0/pdf/IBM_SPSS_Advanced_Statistics.pdf y https://www.ibm.com/docs/SSLVMB_29.0.0/pdf/IBM_SPSS_Statistics_Base.pdf
- 7- Takeuchi EV, Costa JLSG, Silva CLA, Barros APO, Machado BL, Casarin HH, Besegato JF, Kuga MC, Silva CM. Influence of blue and violet LED and infrared laser on the temperature of bleaching protocols in different concentrations of hydrogen

- peroxide. *Photodiagn Photodyn Ther.* 2024;45:104006. doi:10.1016/j.pdpdt.2024.104006.
- 8- Gottenbos B, de Witz C, Heintzmann S, Born M, Hötzl S. Insights into blue light accelerated tooth whitening. *Heliyon.* 2021;7:e05913. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e05913.
 - 9- Pasquale C, De Angelis N, Barberis F, Lagazzo A, Dellacasa E, Biggio D, et al. Safety and effectiveness of conventional commercial products for professional tooth bleaching: Comparative ex vivo study using AFM microscopy and nanoindentation. *Appl Sci.* 2023;13(16):9371. doi:10.3390/app13169371.
 - 10- 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):e39036. doi:10.7759/cureus.39036.
 - 11- Kabil SH, Haridy MF, Farid MR. Effect of high light intensity bleaching protocol versus descending light intensities bleaching protocol on post bleaching teeth sensitivity: A randomized clinical trial. *Open Access Maced J Med Sci.* 2019;7(13):2173–2181. doi:10.3889/oamjms.2019.588.
 - 12- Shahabi S, Assadian H, Mahmoudi Nahavandi A, 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. doi:10.15171/jlms.2018.0.
 - 13- Lilaj B, Dauti R, Agis H, Schmid-Schwap M, Franz A, Kanz F, et al. Comparison of bleaching products with up to 6% and with more than 6% hydrogen peroxide: whitening efficacy using BI and WID and side effects – An in vitro study. *Front Physiol.* 2019;10:919
 - 14- Latha SP, Hegde V, Raheel SA, Tarakji B, Azzeghaiby SN, Nassani MZ. An in vitro study on post bleaching pigmentation susceptibility of teeth and scanning electron microscopy analysis. *J Int Oral Health.* 2014;6(5):84–88.

Fig.1: Evolution of Mean ΔE^* Values According to Experimental Group and Evaluation Time Point

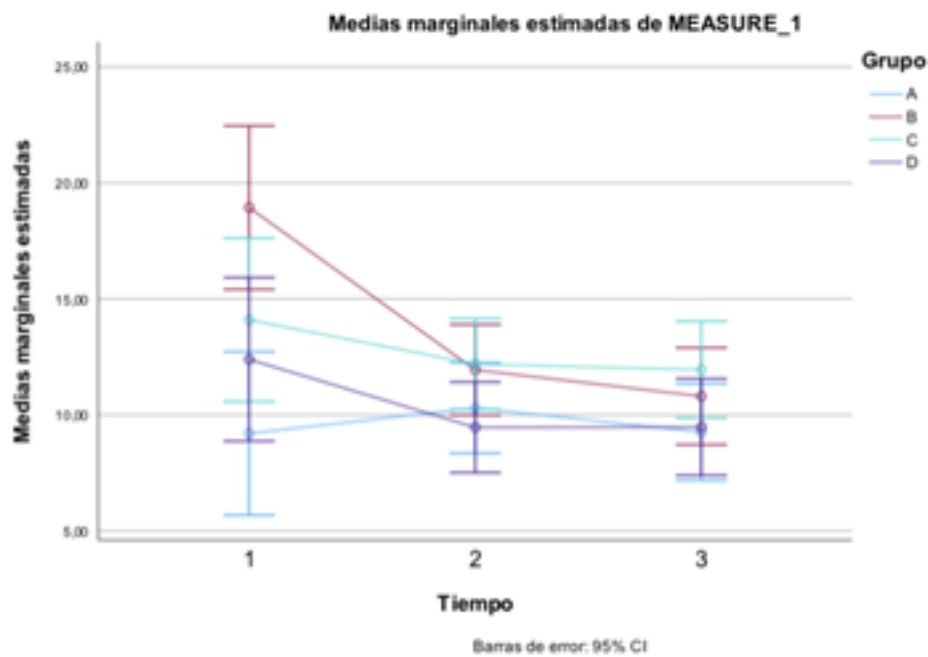


Table 1: Mean ΔE^* values by experimental group and evaluation time points (baseline, post-treatment, 1-week, and 1-month)

Descriptive statistics				
	Group	Mean	Standard desviation	N
ΔE baseline–post-treatment	A	9,2021	3,02999	12
	B	18,9367	9,12282	12
	C	14,0936	5,00286	12
	D	12,3914	5,42824	12
	Total	13,6559	6,85732	48
ΔE baseline–week	A	10,2963	1,99741	12
	B	11,9391	3,51376	12
	C	12,1922	3,41164	12
	D	9,4591	4,13615	12
	Total	10,9717	3,44547	48

ΔE baseline-month	A	9,2543	1,74544	12
	B	10,8027	3,68369	12
	C	11,9451	4,02748	12
	D	9,4764	4,31202	12
	Total	10,3697	3,63865	48

Table 2: Mean L * values by experimental group and evaluation time points (baseline, post-treatment, 1-week, and 1-month)

Descriptive statistics				
	Group	Mean	Standard desviation	N
Baseline L	A	70,0796	4,64135	12
	B	64,1625	7,88350	12
	C	64,9083	5,34202	12
	D	67,5875	6,52597	12
	Total	66,6845	6,46640	48
Post-Treatment L	A	78,4083	3,78705	12
	B	82,8708	6,74929	12
	C	78,3292	4,85735	12
	D	79,2250	3,32220	12
	Total	79,7083	5,06491	48
Week L	A	76,2125	4,61864	12
	B	73,9167	6,67292	12
	C	74,3042	5,62977	12
	D	73,5667	4,27186	12
	Total	74,5000	5,30760	48
Month L	A	75,3292	4,86413	12
	B	72,5250	6,09260	12
	C	74,1292	5,90021	12
	D	73,9125	4,81683	12
	Total	73,9740	5,36795	48

Table 3: Mean b * values by experimental group and evaluation time points (baseline, post-treatment, 1-week, and 1-month)

Descriptive statistics				
	Group	Mean	Standard deviation	N
Baseline b	A	24,6083	5,02977	12
	B	24,3458	5,19237	12
	C	24,4167	3,81816	12
	D	24,1375	3,62712	12
	Total	24,3771	4,33022	48
Post-Treatment b	A	21,8208	4,28684	12
	B	24,8208	4,68898	12
	C	22,4625	4,61072	12
	D	25,5458	4,87216	12
	Total	23,6625	4,73917	48
Week b	A	16,8875	3,97504	12
	B	18,3542	4,05505	12
	C	17,1417	3,30735	12
	D	18,0292	4,75550	12
	Total	17,6031	3,97177	48
Month b	A	17,4083	4,16167	12
	B	18,3792	4,14035	12
	C	17,3083	3,26544	12
	D	18,0708	4,51248	12
	Total	17,7917	3,94107	48

Table 4: Multiple comparisons of ΔE * between groups using the Bonferroni test at different evaluation time points

Multiple comparisons: (Bonferroni)						
	(I) Group	(J) Group			Sig.	95% confidence interval

Dependent variable			Mean difference (I-J)	Standard error		Lower limit	Upper limit
ΔE baseline-post-treatment	A	B	-9,73460*	2,47404	0,002	-16,5699	-2,8993
		C	-4,89148	2,47404	0,326	-11,7268	1,9438
		D	-3,18933	2,47404	1,000	-10,0246	3,6460
	B	A	9,73460*	2,47404	0,002	2,8993	16,5699
		C	4,84311	2,47404	0,340	-1,9922	11,6784
		D	6,54527	2,47404	0,068	-0,2900	13,3806
	C	A	4,89148	2,47404	0,326	-1,9438	11,7268
		B	-4,84311	2,47404	0,340	-11,6784	1,9922
		D	1,70216	2,47404	1,000	-5,1332	8,5375
	D	A	3,18933	2,47404	1,000	-3,6460	10,0246
		B	-6,54527	2,47404	0,068	-13,3806	0,2900
		C	-1,70216	2,47404	1,000	-8,5375	5,1332
ΔE baseline-week	A	B	-1,64276	1,37057	1,000	-5,4294	2,1439
		C	-1,89585	1,37057	1,000	-5,6825	1,8908
		D	0,83724	1,37057	1,000	-2,9494	4,6239
	B	A	1,64276	1,37057	1,000	-2,1439	5,4294
		C	-0,25309	1,37057	1,000	-4,0397	3,5335
		D	2,48000	1,37057	0,463	-1,3066	6,2666
	C	A	1,89585	1,37057	1,000	-1,8908	5,6825
		B	0,25309	1,37057	1,000	-3,5335	4,0397
		D	2,73309	1,37057	0,314	-1,0535	6,5197
	D	A	-0,83724	1,37057	1,000	-4,6239	2,9494
		B	-2,48000	1,37057	0,463	-6,2666	1,3066
		C	-2,73309	1,37057	0,314	-6,5197	1,0535
ΔE baseline-month	A	B	-1,54840	1,46387	1,000	-5,5928	2,4960
		C	-2,69075	1,46387	0,437	-6,7352	1,3537
		D	-0,22209	1,46387	1,000	-4,2665	3,8223
	B	A	1,54840	1,46387	1,000	-2,4960	5,5928

		C	-1,14235	1,46387	1,000	-5,1868	2,9021
		D	1,32631	1,46387	1,000	-2,7181	5,3707
	C	A	2,69075	1,46387	0,437	-1,3537	6,7352
		B	1,14235	1,46387	1,000	-2,9021	5,1868
		D	2,46866	1,46387	0,593	-1,5758	6,5131
	D	A	0,22209	1,46387	1,000	-3,8223	4,2665
		B	-1,32631	1,46387	1,000	-5,3707	2,7181
		C	-2,46866	1,46387	0,593	-6,5131	1,5758
	*. The mean difference is significant at the 0.05 level.						

INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD LUMÍNICA Y EL NÚMERO DE APLICACIONES EN EL BLANQUEAMIENTO DENTAL CON PHILIPS ZOOM! WHITESPEED : ESTUDIO PILOTO *IN VITRO*

Título corto : Influencia de la intensidad lumínica y el número de aplicaciones en el blanqueamiento dental con Philips Zoom! Whitespeed.

Autores:

Elsa Pistré¹, Adela Hervás García ²

¹ estudiante de 5º año en la Universidad de Europea de Valencia España.

² profesor de la Facultad de Odontología, Universidad de Europea de Valencia, España

Correspondencia

Adela Hervás García

Paseo Alameda 7, Valencia

46010 Valencia

adela.hervas@universidadeuropea.es

Resumen:

Introducción: El blanqueamiento dental es un procedimiento estético que mejora la apariencia del diente. Este estudio piloto *in vitro* evalúa la eficacia del sistema Philips Zoom! Whitespeed, comparando distintas intensidades de luz LED y número de aplicaciones. Asimismo, se analiza la estabilidad del color dental a lo largo del tiempo, con el objetivo de optimizar los protocolos clínicos y reducir posibles efectos adversos.

Material y métodos: Se utilizaron 48 dientes anteriores humanos extraídos, distribuidos de forma controlada en cuatro grupos iguales ($n = 12$). Todos fueron tratados con gel de peróxido de hidrógeno al 25 % y luz LED Zoom! Advanced Power, variando la intensidad (media o alta) y el número de ciclos (tres o cuatro). El color dental se evaluó mediante espectrofotometría en cuatro momentos: antes, al finalizar, a los siete días y al mes. Se aplicó ANOVA de medidas repetidas, considerando significativa $p < 0,05$.

Resultados: Se observó un aclaramiento dental significativo en todos los grupos ($\Delta E > 3,3$). El grupo B (alta intensidad, 3 ciclos) alcanzó el mayor ΔE inicial (18,9367), seguido del grupo C (media intensidad, 4 ciclos). El grupo D (alta intensidad, 4 ciclos) presentó la mejor estabilidad entre la semana y el mes ($\Delta E = 9,4764$). El grupo A (media intensidad, 3 ciclos) mostró el menor ΔE (9,2021), pero con evolución estable. Las diferencias entre grupos fueron significativas al finalizar el tratamiento ($p = 0,003$), pero no se mantuvieron con el tiempo.

Conclusión: Todos los protocolos fueron eficaces. El grupo con alta intensidad y tres aplicaciones mostró el mayor efecto inicial, mientras que el de alta intensidad con cuatro aplicaciones presentó mayor estabilidad al mes. Se recomienda ampliar el seguimiento clínico para evaluar la duración real del efecto blanqueador.

Palabras claves: blanqueamiento dental, blanqueamiento dental, blanqueamiento de dientes, Philips Zoom Whitespeed, blanqueamiento intensivo, blanqueamiento dental *in vitro*, blanqueamiento dental en clínica, blanqueamiento dental con láser LED, sonrisa estética.

Financiamiento: El sistema de blanqueamiento Philips Zoom! Whitespeed fue proporcionado por la Universidad Europea de Valencia. No se recibió financiación externa para la realización de este estudio.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Introducción:

El blanqueamiento dental es actualmente uno de los tratamientos estéticos más demandados en odontología, impulsado por el deseo creciente de una sonrisa luminosa y armónica. El color dental desempeña un papel clave en la estética facial y se asocia fuertemente con la confianza en uno mismo y la percepción social (1). La decoloración de los dientes puede deberse a factores extrínsecos, como el consumo de alimentos pigmentados o el tabaquismo, así como a causas intrínsecas, como traumatismos, envejecimiento, fluorosis o el uso de determinados medicamentos (2,3).

Para abordar estas alteraciones cromáticas, se han desarrollado diversos procedimientos de blanqueamiento que mejoran la apariencia dental mediante métodos físicos o químicos capaces de eliminar o reducir los pigmentos (2). Entre los distintos agentes blanqueadores disponibles, el peróxido de hidrógeno (HP) y el peróxido de carbamida (CP) son los más utilizados por su capacidad demostrada para oxidar los compuestos cromógenos y aclarar el esmalte dental (3).

Según la situación clínica, el blanqueamiento puede realizarse de forma interna (en dientes no vitales) o externa (en dientes vitales). Los tratamientos de blanqueamiento externo en clínica ofrecen resultados visibles y rápidos, empleando geles blanqueadores de alta concentración, a menudo combinados con sistemas de activación lumínica para potenciar su eficacia. Estos procedimientos son especialmente eficaces en casos de decoloración intrínseca moderada o severa (4).

En los últimos años, los sistemas de blanqueamiento activados por luz han ganado protagonismo por su capacidad para acelerar el proceso blanqueador y reducir el tiempo de aplicación. Uno de los sistemas más utilizados es Philips Zoom! Whitespeed, que combina un gel de HP al 25 % con un dispositivo de luz LED propio. Este sistema permite ajustar la intensidad de la luz y aplicar el gel en ciclos repetidos dentro de una misma sesión clínica (5). Aunque su rendimiento clínico ha sido ampliamente documentado, la influencia de la intensidad lumínica y del número de aplicaciones sobre el resultado final y la estabilidad del efecto blanqueador sigue siendo un tema de interés en la investigación actual (5).

En este contexto, el presente estudio experimental *in vitro* tiene como objetivo evaluar la eficacia del sistema Philips Zoom! Whitespeed aplicado sobre dientes anteriores humanos extraídos, comparando cuatro protocolos diferentes según la intensidad lumínica (media o alta) y el número de ciclos de activación (tres o cuatro). Asimismo, se pretende analizar la estabilidad del aclaramiento obtenido de forma inmediata, a los 7 días y al mes del tratamiento, mediante una evaluación espectrofotométrica precisa.

Material y métodos:

Se realizó un estudio piloto experimental *in vitro* con enfoque descriptivo y analítico. El protocolo fue autorizado por la Dirección de Clínicas y del Departamento de Odontología Preclínica de la Universidad Europea de Valencia. La muestra consistió en 48 dientes anteriores humanos extraídos (incisivos y caninos), asignados de manera equilibrada a cuatro grupos experimentales ($n = 12$), garantizando una representación proporcional de incisivos centrales, laterales y caninos en cada grupo. Se combinaron dos intensidades lumínicas (media y alta) y dos números de aplicaciones (tres o cuatro ciclos). Las mediciones se realizaron en tres momentos: inmediatamente después del tratamiento, a los 7 días y al mes.

- Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron dientes permanentes anteriores humanos extraídos recientemente y con corona íntegra. Se excluyeron dientes con caries, restauraciones, anomalías del esmalte, tratamientos endodónticos o alteraciones de color previas.

- Preparación de las muestras

Los dientes fueron limpiados manual y mecánicamente, seccionados 2 mm por debajo de la unión amelo-cementaria y conservados en solución de timol al 0,5 %. Posteriormente, fueron coloreados mediante inmersión en té negro durante 4 ciclos de 18 h de tinción seguidos de 6 h de secado. Las muestras se almacenaron en agua destilada durante 7 días para estabilizar el color.

- Protocolo de blanqueamiento

Cada corona fue incluida en bloques de resina acrílica fotopolimerizable y posicionada mediante férulas termoformadas con orificios centrados para medición constante del color.

Se aplicó gel de peróxido de hidrógeno al 25 % (Zoom! Advanced Power Whitening Gel, Discus Dental, Inc.) y se activó con la lámpara Zoom! Advanced Power (Discus Dental, Inc.). Los ciclos consistieron en 15 minutos cada uno.

- Grupo A: intensidad media, tres ciclos.
- Grupo B: intensidad alta, tres ciclos.
- Grupo C: intensidad media, cuatro ciclos.
- Grupo D: intensidad alta, cuatro ciclos.

Entre cada aplicación, el gel fue retirado y reemplazado. Al finalizar, las muestras se enjuagaron y se conservaron en agua destilada.

- Evaluación del color

Las mediciones se realizaron con el espectrofotómetro VITA EasyShade, en cuatro momentos: antes del tratamiento, tras la última aplicación, a los 7 días y al mes. Cada diente fue medido dos veces y se calculó el promedio. Se utilizaron los parámetros colorimétricos L^* , a^* , b^* , y se calculó ΔE con la fórmula:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{\frac{1}{2}}$$

donde: $\Delta L^* = L_0 - L_1$

$$\Delta a^* = a_0 - a_1$$

$$\Delta b^* = b_0 - b_1$$

- Análisis estadístico

El análisis se realizó con IBM SPSS Statistics 29.0 (Windows). Se aplicó un enfoque mixto con análisis descriptivo (media, desviación estándar, mínimo y máximo) e inferencial (6).

- Se emplearon ANOVA de medidas repetidas (GLM) para evaluar la evolución temporal dentro y entre grupos.
- Para comparaciones intergrupales puntuales, se utilizó ANOVA unifactorial (ONEWAY), seguido del test de Bonferroni en caso de significación ($p < 0,05$).
- Se aplicaron las correcciones de Greenhouse-Geisser y Huynh-Feldt si se violaba el supuesto de esfericidad.

El nivel de significación se estableció en $p < 0,05$.

Resultados:

Se analizaron un total de 48 dientes anteriores humanos distribuidos equitativamente en cuatro grupos experimentales (n=12 por grupo), según la combinación de intensidad lumínica (media o alta) y número de aplicaciones del gel de peróxido de hidrógeno al 25 % (tres o cuatro ciclos). El color dental fue evaluado mediante espectrofotometría según el sistema CIE Lab* en cuatro momentos: antes del tratamiento (inicio), inmediatamente después (final), a los 7 días (semana) y al mes (mes).

- Variación global del color (ΔE^*)

Todos los protocolos produjeron un aclaramiento clínicamente perceptible, superando el umbral de $\Delta E^* > 3,3$ tras el tratamiento. El análisis de la variación global de ΔE^* mostró una diferencia significativa entre los grupos a lo largo del tiempo ($p < 0,001$, GLM intra-sujeto) y entre los protocolos ($p = 0,003$, ANOVA intergrupos). El grupo B (alta intensidad, tres aplicaciones) presentó el mayor ΔE^* final (18,9367), seguido de los grupos C (14,0936), D (12,3914) y A (9,2021) (Anexo I).

A los 7 días, todos los grupos mostraron un descenso moderado de ΔE^* , siendo el grupo C el que mejor conservó el aclaramiento, con la menor pérdida entre el final del tratamiento y la semana. Cabe destacar que el grupo D fue el único que mostró un ligero aumento de ΔE^* entre la semana y el mes, mientras que en todos los demás se observó una disminución. Por otro lado, aunque el grupo B alcanzó el ΔE^* más alto al finalizar el tratamiento, también fue el que presentó la mayor pérdida del efecto blanqueador al cabo de un mes.

Al mes, las diferencias entre los grupos no fueron estadísticamente significativas (ANOVA $p = 0,237$), aunque se mantuvo la tendencia de mejor estabilidad en los grupos con cuatro aplicaciones (C y D) frente a los de tres (A y B) (Anexo I, Fig.1).

Las comparaciones múltiples (test de Bonferroni) revelaron diferencias significativas entre ciertos grupos, especialmente entre los protocolos de tres aplicaciones (grupo B vs A) y entre los de cuatro (grupo C vs D), reforzando el impacto tanto de la intensidad como del número de ciclos sobre el resultado (Anexo IV).

- Evolución de las coordenadas L*, a* y b*

La coordenada L* (luminosidad) aumentó significativamente tras el tratamiento en todos los grupos ($p < 0,001$). Se observó una ligera regresión entre la evaluación inmediata y la semana, seguida de una estabilización hasta el mes. Solo el grupo B presentó una reducción significativa de L* entre semana y mes (Anexo II).

La coordenada b* (tonalidad amarilla) disminuyó también de forma significativa, especialmente entre el final del tratamiento y la primera semana ($p < 0,001$), sin cambios significativos posteriores. Esta reducción sostenida indica una pérdida duradera del componente amarillo del esmalte en todos los grupos (Anexo III).

La coordenada a* (eje rojo-verde) presentó una disminución progresiva a lo largo del estudio, pero sin diferencias estadísticamente significativas entre grupos. Por su estabilidad y baja relevancia estética, sus datos no se presentan.

Discusión:

Los resultados de este estudio piloto *in vitro* confirman la eficacia del sistema Philips Zoom! Whitespeed, con todos los protocolos generando un cambio de color clínicamente perceptible ($\Delta E^* > 3,3$). La diferencia significativa observada entre los grupos al finalizar el tratamiento (ANOVA $p = 0,003$), especialmente entre el grupo B (alta intensidad, 3 aplicaciones) y el grupo A (media intensidad, 3 aplicaciones), pone de manifiesto el efecto potenciador de una mayor intensidad luminosa sobre el aclaramiento inmediato.

Sin embargo, esta ventaja inicial del grupo B no se mantuvo durante el seguimiento. A los 7 días, todos los grupos mostraron un descenso de ΔE^* , y al mes las diferencias entre protocolos ya no fueron estadísticamente significativas (ANOVA $p = 0,237$). Estos hallazgos indican una homogeneización progresiva de los resultados, donde la estabilidad del color parece depender más del número de aplicaciones que de la intensidad de la luz.

El grupo C (media intensidad, 4 aplicaciones) mostró una combinación destacable entre eficacia inicial ($\Delta E = 14,0936$) y estabilidad a medio plazo ($\Delta E = 11,9451$ al mes), consolidándose como una opción especialmente equilibrada. Por su parte, el grupo D (alta intensidad, 4 aplicaciones), aunque con un ΔE ligeramente inferior al de C ($\Delta E = 12,3914$ al final), fue el único que presentó un leve aumento entre la semana y el mes ($\Delta E = 9,4591 \rightarrow$

9,4764), lo que sugiere una estabilización prolongada y lo posiciona como la opción más robusta en términos de mantenimiento del aclaramiento a medio plazo.

En contraste, el grupo B, que alcanzó el ΔE más alto inmediatamente después del tratamiento ($\Delta E = 18,9367$), presentó la mayor pérdida en el seguimiento ($\Delta E = 10,8027$ al mes), confirmando que los protocolos más intensos no siempre garantizan una mayor durabilidad del efecto.

Estos resultados concuerdan con lo descrito en estudios previos sobre sistemas LED, donde se ha documentado una reducción parcial del efecto blanqueador durante las primeras semanas postratamiento, atribuida a procesos de rehidratación del esmalte o redistribución de cromógenos (7-9). Además, estudios como el de Basheer y cols. (2023) destacan la susceptibilidad de las piezas tratadas a la repigmentación extrínseca, especialmente en las primeras semanas tras el tratamiento (10).

Desde un punto de vista clínico, estos hallazgos permiten adaptar la elección del protocolo según el perfil del paciente. Para aquellos que buscan un efecto inmediato, el grupo B ofrece un aclaramiento rápido, aunque menos estable (9,11). Para pacientes con mayor sensibilidad o que priorizan la durabilidad del resultado, el grupo C representa el mejor equilibrio entre eficacia y estabilidad (7). Por otro lado, el grupo D demostró ser el más estable en el tiempo, con un comportamiento consistente y un mantenimiento del color sin regresión significativa, lo que lo convierte en una excelente alternativa para quienes valoran la permanencia del efecto estético (8,12).

Este estudio presenta algunas limitaciones importantes. En primer lugar, el número de muestras por grupo fue limitado, lo que puede reducir la potencia estadística del análisis y limitar la generalización de los resultados. Además, el uso de dientes extraídos humanos, aunque representa una buena aproximación clínica, no permite replicar completamente las condiciones intraorales (saliva, pH, temperatura, flujo sanguíneo) (7,9). Asimismo, el seguimiento se limitó a un mes; estudios más prolongados serían necesarios para evaluar la estabilidad a largo plazo del color (13). Finalmente, aunque se utilizaron férulas de posicionamiento para estandarizar las mediciones, las ligeras variaciones entre muestras

podrían estar influenciadas por factores estructurales como el grosor del esmalte o su nivel de mineralización (14).

Conclusión:

Este estudio experimental *in vitro* confirmó la eficacia del sistema Philips Zoom! Whitespeed para lograr un aclaramiento dental clínicamente perceptible en dientes anteriores humanos extraídos, aplicando distintos protocolos de intensidad lumínica y número de ciclos.

Inmediatamente después del tratamiento, los protocolos con alta intensidad produjeron un blanqueamiento más pronunciado que los de intensidad media, especialmente cuando se aplicaron durante tres ciclos consecutivos. No obstante, los protocolos con cuatro aplicaciones, independientemente de la intensidad, también ofrecieron resultados inmediatos eficaces y comparables entre sí.

Durante el seguimiento a los 7 días y al mes, se observó una ligera regresión del aclaramiento, con una mejor estabilidad en los protocolos que incluían cuatro ciclos de aplicación, siendo incluso más notable cuando se combinaban con alta intensidad. En cambio, los protocolos más breves mostraron una mayor pérdida del efecto con el tiempo.

En conjunto, los resultados sugieren que la elección del protocolo debe adaptarse al perfil del paciente, priorizando aquellos que ofrecen un equilibrio entre un aclaramiento visible inmediato y una buena estabilidad del color a medio plazo, como los que combinan intensidad media o alta con un número de aplicaciones ajustado.

Bibliografía:

- 1- Mazilu Moldovan A, Popescu V, Ionescu CV, Cuc S, Craciun A, Moldovan M, Dudea D, Mesaros AS. Various aspects involved in the study of tooth bleaching procedure: A questionnaire-based study. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19:3977. doi:10.3390/ijerph19073977.
- 2- Carey CM. Tooth Whitening: What We Now Know. *J Evid Based Dent Pract*. 2014;14(Suppl):70–76. doi:10.1016/j.jebdp.2014.02.006

- 3- Jin Y, Paranhos KS, Salamone A, Bongiorno W, Brizuela M. Internal Tooth Whitening. *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 May 7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38753915/>
- 4- Fioresta R, Melo M, Forner L, Sanz JL. Prognosis in home dental bleaching: a systematic review. *Clin Oral Investig*. 2023;27(6):3347–3361. doi:10.1007/s00784-023-05069-0.
- 5- Kahler B. Present status and future directions – Managing discoloured teeth. *Int Endod J*. 2022;55(Suppl. 4):922–950. doi:10.1111/iej.13711.
- 6- IBM Corp. *IBM SPSS Statistics para Windows*, versión 29.0. Armonk, NY: IBM Corp; 2021. Disponible en: https://www.ibm.com/docs/SSLVMB_29.0.0/pdf/IBM_SPSS_Advanced_Statistics.pdf y https://www.ibm.com/docs/SSLVMB_29.0.0/pdf/IBM_SPSS_Statistics_Base.pdf
- 7- Takeuchi EV, Costa JLSG, Silva CLA, Barros APO, Machado BL, Casarin HH, Besegato JF, Kuga MC, Silva CM. Influence of blue and violet LED and infrared laser on the temperature of bleaching protocols in different concentrations of hydrogen peroxide. *Photodiagn Photodyn Ther*. 2024;45:104006. doi:10.1016/j.pdpdt.2024.104006.
- 8- Gottenbos B, de Witz C, Heintzmann S, Born M, Hötzel S. Insights into blue light accelerated tooth whitening. *Heliyon*. 2021;7:e05913. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e05913.
- 9- Pasquale C, De Angelis N, Barberis F, Lagazzo A, Dellacasa E, Biggio D, et al. Safety and effectiveness of conventional commercial products for professional tooth bleaching: Comparative ex vivo study using AFM microscopy and nanoindentation. *Appl Sci*. 2023;13(16):9371. doi:10.3390/app13169371.
- 10- 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):e39036. doi:10.7759/cureus.39036.
- 11- Kabil SH, Haridy MF, Farid MR. Effect of high light intensity bleaching protocol versus descending light intensities bleaching protocol on post bleaching teeth sensitivity: A randomized clinical trial. *Open Access Maced J Med Sci*. 2019;7(13):2173–2181. doi:10.3889/oamjms.2019.588.
- 12- Shahabi S, Assadian H, Mahmoudi Nahavandi A, 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. doi:10.15171/jlms.2018.0.
- 13- Lilaj B, Dauti R, Agis H, Schmid-Schwap M, Franz A, Kanz F, et al. Comparison of bleaching products with up to 6% and with more than 6% hydrogen peroxide: whitening efficacy using BI and WID and side effects – An in vitro study. *Front Physiol*. 2019;10:919
- 14- Latha SP, Hegde V, Raheel SA, Tarakji B, Azzeghaiby SN, Nassani MZ. An in vitro study on post bleaching pigmentation susceptibility of teeth and scanning electron microscopy analysis. *J Int Oral Health*. 2014;6(5):84–88.

Fig.1: Evolución de los valores medios de ΔE^* según el grupo experimental y el momento de evaluación

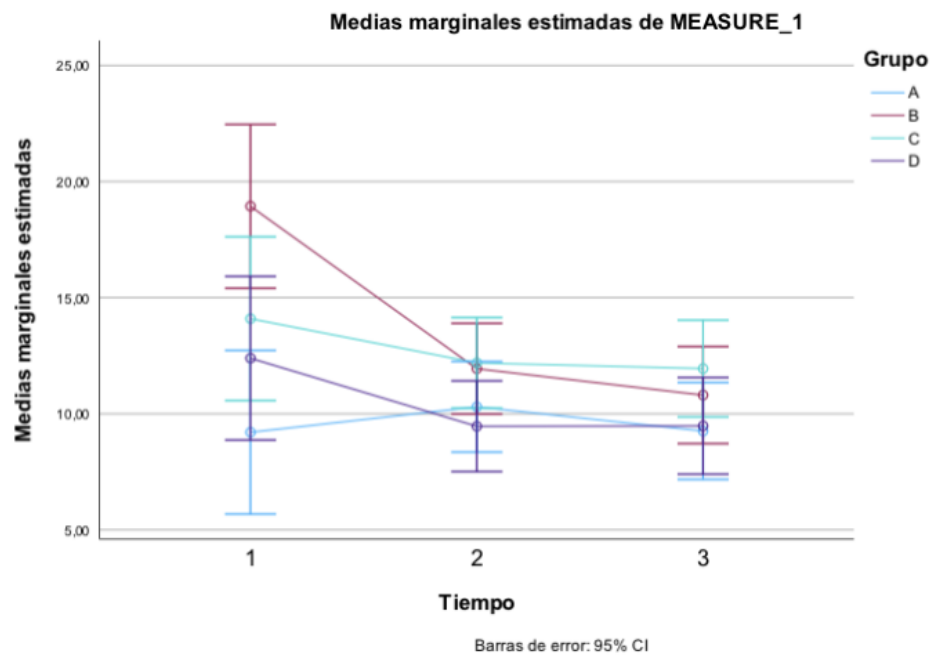


Tabla 1: Valores medios de ΔE^* por grupo experimental y momentos de evaluación (inicio, final del tratamiento, a la semana y al mes).

Estadísticos descriptivos				
	Grupo	Media	Desv. estándar	N
ΔE inicio-final	A	9,2021	3,02999	12
	B	18,9367	9,12282	12
	C	14,0936	5,00286	12
	D	12,3914	5,42824	12
	Total	13,6559	6,85732	48
ΔE inicio-semana	A	10,2963	1,99741	12
	B	11,9391	3,51376	12
	C	12,1922	3,41164	12
	D	9,4591	4,13615	12
	Total	10,9717	3,44547	48
	A	9,2543	1,74544	12
	B	10,8027	3,68369	12

ΔE inicio-mes	C	11,9451	4,02748	12
	D	9,4764	4,31202	12
	Total	10,3697	3,63865	48

Tabla 2: Valores medios de L^* por grupo experimental y momentos de evaluación (inicio, final del tratamiento, a la semana y al mes).

Estadísticos descriptivos				
	Grupo	Media	Desv. estándar	N
INICIO L	A	70,0796	4,64135	12
	B	64,1625	7,88350	12
	C	64,9083	5,34202	12
	D	67,5875	6,52597	12
	Total	66,6845	6,46640	48
FINAL L	A	78,4083	3,78705	12
	B	82,8708	6,74929	12
	C	78,3292	4,85735	12
	D	79,2250	3,32220	12
	Total	79,7083	5,06491	48
SEMANA L	A	76,2125	4,61864	12
	B	73,9167	6,67292	12
	C	74,3042	5,62977	12
	D	73,5667	4,27186	12
	Total	74,5000	5,30760	48
MES L	A	75,3292	4,86413	12
	B	72,5250	6,09260	12
	C	74,1292	5,90021	12
	D	73,9125	4,81683	12
	Total	73,9740	5,36795	48

Tabla 3: Valores medios de b^* por grupo experimental y momentos de evaluación (inicio, final del tratamiento, a la semana y al mes).

Estadísticos descriptivos				
	Grupo	Media	Desv. estándar	N
INICIO b	A	24,6083	5,02977	12
	B	24,3458	5,19237	12
	C	24,4167	3,81816	12
	D	24,1375	3,62712	12
	Total	24,3771	4,33022	48
FINAL b	A	21,8208	4,28684	12
	B	24,8208	4,68898	12
	C	22,4625	4,61072	12
	D	25,5458	4,87216	12
	Total	23,6625	4,73917	48
SEMANA b	A	16,8875	3,97504	12
	B	18,3542	4,05505	12
	C	17,1417	3,30735	12
	D	18,0292	4,75550	12
	Total	17,6031	3,97177	48
MES b	A	17,4083	4,16167	12
	B	18,3792	4,14035	12
	C	17,3083	3,26544	12
	D	18,0708	4,51248	12
	Total	17,7917	3,94107	48

Tabla 4: Comparaciones múltiples de ΔE entre grupos mediante el test de Bonferroni en los distintos momentos de evaluación.

Comparaciones múltiples: (Bonferroni)							
Variable dependiente	(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
	A	B	-9,73460*	2,47404	0,002	-16,5699	-2,8993

ΔE inicio-final		C	-4,89148	2,47404	0,326	-11,7268	1,9438
		D	-3,18933	2,47404	1,000	-10,0246	3,6460
	B	A	9,73460*	2,47404	0,002	2,8993	16,5699
		C	4,84311	2,47404	0,340	-1,9922	11,6784
		D	6,54527	2,47404	0,068	-0,2900	13,3806
	C	A	4,89148	2,47404	0,326	-1,9438	11,7268
		B	-4,84311	2,47404	0,340	-11,6784	1,9922
		D	1,70216	2,47404	1,000	-5,1332	8,5375
	D	A	3,18933	2,47404	1,000	-3,6460	10,0246
		B	-6,54527	2,47404	0,068	-13,3806	0,2900
		C	-1,70216	2,47404	1,000	-8,5375	5,1332
ΔE inicio-semana	A	B	-1,64276	1,37057	1,000	-5,4294	2,1439
		C	-1,89585	1,37057	1,000	-5,6825	1,8908
		D	0,83724	1,37057	1,000	-2,9494	4,6239
	B	A	1,64276	1,37057	1,000	-2,1439	5,4294
		C	-0,25309	1,37057	1,000	-4,0397	3,5335
		D	2,48000	1,37057	0,463	-1,3066	6,2666
	C	A	1,89585	1,37057	1,000	-1,8908	5,6825
		B	0,25309	1,37057	1,000	-3,5335	4,0397
		D	2,73309	1,37057	0,314	-1,0535	6,5197
	D	A	-0,83724	1,37057	1,000	-4,6239	2,9494
		B	-2,48000	1,37057	0,463	-6,2666	1,3066
		C	-2,73309	1,37057	0,314	-6,5197	1,0535
ΔE inicio-mes	A	B	-1,54840	1,46387	1,000	-5,5928	2,4960
		C	-2,69075	1,46387	0,437	-6,7352	1,3537
		D	-0,22209	1,46387	1,000	-4,2665	3,8223
	B	A	1,54840	1,46387	1,000	-2,4960	5,5928
		C	-1,14235	1,46387	1,000	-5,1868	2,9021
		D	1,32631	1,46387	1,000	-2,7181	5,3707
	C	A	2,69075	1,46387	0,437	-1,3537	6,7352
		B	1,14235	1,46387	1,000	-2,9021	5,1868

		D	2,46866	1,46387	0,593	-1,5758	6,5131
	D	A	0,22209	1,46387	1,000	-3,8223	4,2665
		B	-1,32631	1,46387	1,000	-5,3707	2,7181
		C	-2,46866	1,46387	0,593	-6,5131	1,5758

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.