




Efecto de fluorados sobre la composición química del esmalte dental expuesto al peróxido de hidrógeno

Fluoridated agents effect on the chemical composition of dental enamel exposed to hydrogen peroxide

Efeito de agentes fluoretados na composição química do esmalte dentário exposto ao peróxido de hidrogênio

Armando Moisés Carrillo Fernández^{1*} , Christian Armando Díaz Correa¹ , Cintia Adriana Núñez Apumayta¹ 

¹ Universidad Continental. Huancayo, Perú.

*Autor para la correspondencia: acarillo@continental.edu.pe

Recibido: 02-02-2026 Aprobado: 08-04-2026 Publicado: 16-04-2026

RESUMEN

Introducción: el auge de la odontología estética ha impulsado la demanda de tratamientos con el fin de obtener una sonrisa perfecta, dentro de los procedimientos destacan el blanqueamiento dental. **Objetivo:** se realizó un ensayo controlado aleatorizado *in vitro* para evaluar el efecto de compuestos fluorados sobre la composición química dental de especímenes previamente tratados con H₂O₂ al 38 %. **Método:** la muestra se constituyó por 40 premolares. Todos fueron intervenidos con H₂O₂ al 38 % (35 minutos). Posteriormente, se categorizaron aleatoriamente los grupos: Grupo 1 (difluorosilano), Grupo 2 (fluoruro de sodio 5 %), Grupo 3 (fluoruro de sodio 2 %) y Grupo 4 (control). Se determinaron los porcentajes en peso molecular en tres tiempos: T0 (basal), T1 (post-H₂O₂) y T2 (posfluorados). Asimismo, se evaluó la remineralización a los 5, 10 y 15 días con utilización del fotomicroscopio. El análisis estadístico se estableció con un nivel

de confianza del 95 % y un $\alpha=0,05$. **Resultados:** se evidenció desmineralización del esmalte posterior al tratamiento con H₂O₂ al 38 %, con pérdida porcentual de calcio y fósforo, además, de aumento del oxígeno. Posterior al tratamiento con fluorados (solo Grupos 1-3) se constató evidencia microscópica de remineralización. En el Grupo 1 se visualizó la mayor cantidad de especímenes con modificación de las estructuras duras por inclusión de minerales en su interior (70 %). **Conclusiones:** existe desmineralización posblanqueamiento con H₂O₂ al 38 %. Los compuestos fluorados benefician la remineralización, cuyo comportamiento sugiere ser dependiente de la concentración del flúor y el tiempo de exposición.

Palabras clave: blanqueamiento dental; flúor; peróxido de hidrógeno; desmineralización; remineralización dental

ABSTRACT

Introduction: the rise of cosmetic dentistry has driven the demand for treatments to achieve a perfect smile, with teeth whitening being a prominent procedure. **Objective:** a randomized controlled *in vitro* trial was conducted to evaluate the effect of fluoridated compounds on the dental chemical composition of specimens previously treated with 38% H₂O₂. **Method:** the sample consisted of 40 premolars. All were treated with 38% H₂O₂ (35 minutes). Subsequently, the groups were randomly categorized as follows: Group 1 (difluorosilane), Group 2 (5% sodium fluoride), Group 3 (2% sodium fluoride), and Group 4 (control). Molecular weight percentages were determined at three time points: T0 (baseline), T1 (post-H₂O₂), and T2 (post-fluoridated). Remineralization was also assessed at 5, 10, and 15 days using a photomicroscope. Statistical analysis was performed with a 95% confidence level and $\alpha=0.05$. **Results:** enamel demineralization was evident after treatment with 38% H₂O₂, with a percentage loss of calcium and phosphorus, as well as an increase in oxygen. After treatment with fluorides (Groups 1-3 only), microscopic evidence of remineralization was observed. Group 1 showed the highest number of specimens with modification of hard structures due to the inclusion of minerals within them (70%). **Conclusions:** demineralization occurs after bleaching with 38% H₂O₂. Fluoride compounds promote remineralization, the effects of which appear to be dependent on the fluoride concentration and the exposure time.

Keywords: tooth bleaching; fluoride; hydrogen peroxide; demineralization; tooth remineralization

RESUMO

Introdução: o crescimento da odontologia estética impulsionou a demanda por tratamentos para alcançar um sorriso perfeito, sendo o clareamento dental um procedimento de destaque. **Objetivo:** um ensaio clínico *in vitro* randomizado e controlado foi conduzido para avaliar o efeito de compostos fluoretados na composição química dental de espécimes previamente tratados com H₂O₂ a 38%. **Método:** a amostra consistiu em 40 pré-molares. Todos foram tratados com H₂O₂ a 38% (35 minutos). Posteriormente, os grupos foram aleatoriamente categorizados da seguinte forma: Grupo 1 (difluorosilano), Grupo 2 (fluoreto de sódio a 5%), Grupo 3 (fluoreto de sódio a 2%) e Grupo 4 (controle). As porcentagens de peso molecular foram determinadas em três momentos: T0 (linha de base), T1 (pós-H₂O₂) e T2 (pós-fluoretação). A remineralização também foi avaliada aos 5, 10 e 15 dias utilizando um fotomicroscópio. A análise estatística foi realizada com um nível de confiança de 95% e $\alpha=0,05$. **Resultados:** a desmineralização do esmalte foi evidente após o tratamento com H₂O₂ a 38%, com perda percentual de cálcio e fósforo, bem como aumento de oxigênio. Após o tratamento com fluoretos (apenas nos Grupos 1 a 3), observou-se evidência microscópica de remineralização. O Grupo 1 apresentou o maior número de espécimes com modificação das estruturas duras devido à inclusão de minerais em seu interior (70%). **Conclusões:** a desmineralização ocorre após o clareamento com H₂O₂ a 38%. Os compostos fluoretados promovem a remineralização, cujos efeitos parecem depender da concentração de fluoreto e do tempo de exposição.

Palavras-chave: clareamento dental; fluoreto; peróxido de hidrogênio; desmineralização; remineralização dental

Cómo citar este artículo:

Carrillo Fernández AM, Díaz Correa CA, Núñez Apumayta CA. Efecto de fluorados sobre la composición química del esmalte dental expuesto al peróxido de hidrógeno. Rev Inf Cient [Internet]. 2026 [citado Fecha de acceso]; 103:e5164. Disponible en: <http://www.revinfcientifica.sld.cu/index.php/ric/article/view/5164>



INTRODUCCIÓN

La demanda de procedimientos orientados a mejorar la apariencia dental ha impulsado el desarrollo y la difusión de la odontología estética.⁽¹⁾ En este contexto, el blanqueamiento dental constituye uno de los tratamientos más solicitados para disminuir manchas y decoloraciones y alcanzar un color más uniforme; tendencia que se ha visto favorecida por factores socioculturales y mediáticos. No obstante, la evidencia disponible sugiere que el aclaramiento no es un procedimiento completamente inocuo, ya que puede inducir cambios en la composición química del esmalte, así como alteraciones micromorfológicas y variaciones en la microdureza superficial.^(2,3,4,5)

Asimismo, se ha descrito que en el período inmediato posterior al blanqueamiento puede presentarse una disminución transitoria en la resistencia de unión de materiales restauradores adhesivos, atribuida entre otros mecanismos, al efecto residual de especies reactivas derivadas del peróxido.^(5,6) Adicionalmente, en protocolos de blanqueamiento se seleccionan materiales y técnicas específicas para minimizar la hipersensibilidad dental posterior.^(7,8) Los dentífricos blanqueadores también pueden contribuir a cambios superficiales del esmalte.⁽⁹⁾

El mecanismo de acción de los agentes blanqueadores se basa principalmente en reacciones de oxidación que modifican compuestos orgánicos cromóforos presentes en la estructura dental, los que producen cambios ópticos percibidos como aclaramiento.⁽³⁾ Sin embargo, la eficacia y el potencial de afectación del tejido duro dental se relacionan con variables como la concentración del agente, el tiempo de exposición, el pH y las condiciones de activación, factores que pueden modificar la magnitud de los cambios en el esmalte.⁽⁴⁻¹⁰⁾ En particular, el uso de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en concentraciones altas, habitual en protocolos de consultorio, se ha asociado a pérdidas minerales y a cambios en la superficie y subsuperficie del esmalte, lo cual plantea la necesidad de estrategias complementarias que favorezcan la recuperación mineral posterior al procedimiento.⁽²⁻⁴⁾

Desde el punto de vista bioquímico, el esmalte dental está compuesto principalmente por cristales de hidroxiapatita, cuya estabilidad puede verse comprometida cuando se altera el equilibrio desmineralización–remineralización.⁽⁹⁾ El flúor puede favorecer la remineralización e incrementar la resistencia del esmalte frente a desafíos ácidos, al promover la formación de compuestos menos solubles, como la fluorapatita, y/o la precipitación de reservorios de fluoruro cálcico en la superficie.⁽⁹⁻¹³⁾ Se entiende como desmineralización la pérdida de minerales del tejido por acción de ácidos u otros agentes, mientras que la remineralización corresponde a la incorporación de minerales en estructuras previamente desmineralizadas, proceso condicionado por la disponibilidad de calcio y fosfato y por un ambiente con pH cercano a la neutralidad.⁽⁹⁾ En este marco, la fluoroterapia ha sido ampliamente utilizada por su efecto preventivo y terapéutico.

En consecuencia, la aplicación de compuestos fluorados posterior al blanqueamiento podría constituir una alternativa para mitigar los cambios mineralógicos inducidos por el H_2O_2 . Sin embargo, persisten diferencias en cuanto al tipo de compuesto, la concentración del flúor y los tiempos de aplicación, variables que podrían condicionar la magnitud del efecto remineralizante observado.⁽¹³⁾ En particular, los compuestos fluorados de uso profesional (barnices o soluciones concentradas) y las formulaciones de uso doméstico (geles de menor concentración) podrían presentar comportamientos distintos en condiciones experimentales controladas.



Por todo lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto *in vitro* de tres compuestos fluorados: difluorosilano (DFS), fluoruro de sodio (NaF) al 5 % y NaF al 2 % sobre la composición química del esmalte dental previamente expuesto a peróxido de hidrógeno al 38 %, así como observar la evidencia microscópica de remineralización en distintos tiempos de observación.

MÉTODO

Se realizó un ensayo controlado aleatorizado *in vitro* para evaluar la efectividad de los compuestos de fluoruros, en este caso, como remineralizante, sobre la composición química del esmalte dental posterior a la aplicación de procedimientos de blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 38 %.

Para la realización de este estudio *in vitro* se seleccionaron 40 premolares, extraídos por indicación odontológica, con un máximo de tres meses desde el momento de su remoción. Los 40 especímenes (premolares) se asignaron de manera aleatoria a cuatro grupos (n=10 c/u). Las piezas dentales se escogieron con verificación de la ausencia a la altura coronal de defectos del esmalte aparentes, de no tener fracturas, caries, tinciones, ni obturaciones, restauraciones previas, dentina expuesta por desgaste o lesiones superficiales y que tuvieran formación radicular completa. Luego, al informarles detalladamente el propósito de esta investigación, cada uno de los pacientes firmó un consentimiento informado con el fin de autorizar la donación de la pieza dental.

Los especímenes (n=40 premolares) fueron intervenidos inicialmente con peróxido de hidrógeno al 38 % (35 minutos). Posteriormente, se asignaron aleatoriamente a cuatro grupos: Grupo 1 (DFS, n=10): con difluorosilano; Grupo 2 (NaF 5 %, n=10): sumergidos en fluoruro de sodio 5 % (4 minutos); Grupo 3 (NaF 2 %, n=10): se aplicó gel de fluoruro de sodio al 2 % (4 minutos diarios x 7 días). Finalmente, Grupo 4 (control, n=10): sin tratamiento con fluorados. Posteriormente, a cada aplicación fluorada (Grupos 1-3), las muestras se enjuagaron bajo chorro de agua y cepillo suave sin crema; se almacenaron en saliva artificial (Norma Técnica Colombiana 4882) hasta secado para análisis.

Se determinaron los porcentajes en peso molecular, con uso de una microsonda que detecta el espectro de emisión de rayos X particular para cada elemento, producido por un haz de electrones que actúa sobre los dientes. La concentración de los elementos es directamente proporcional a la intensidad de los rayos X captada. Este procedimiento se realizó en tres tiempos. Tiempo inicial (T₀) premolares con esmalte dental intacto. En un segundo tiempo (T₂) medición posterior al tratamiento con peróxido de hidrógeno al 38 %, durante 35 minutos. Por último, tercer tiempo (T₃) el cotejo de los dientes tratados con el blanqueador y el compuesto fluorado.

Asimismo, cada cinco días se evaluó la remineralización en todas las muestras (Grupos 1-4). Para ello, las muestras fueron montadas en bloques de resina acrílica autocurable para inmovilizarlas y facilitar cortes longitudinales precisos. La determinación del efecto de compuestos fluorados sobre el esmalte fue evaluada mediante la observación de los cortes, con utilización de un fotomicroscopio Axiophot (Carl Zeiss, Germany) en objetivos de trabajo de 5X y 10X, bajo la técnica de luz polarizada y filtros de luz azul y gris.



Los medios para la birrefringencia fueron el agua desionizada y soluciones de Tholuet con índice de refracción (IR) de 1,41 y 1,47. Se consideró desmineralización al cambio en la birrefringencia natural, desde negativa a positiva; y viceversa, a la remineralización al cambio en la birrefringencia positiva a birrefringencia negativa. Se valoró siguiendo la siguiente escala de grados de remineralización: 0 = Sin cambios; 1 = Cambio superficial; 2 = Cambio subsuperficial y 3 = Cambio profundo.

Los datos se recolectaron mediante microsonda electrónica (composición química) y fotomicroscopio Axiophot (birrefringencia/escala 0-3), fueron transcritos en una base de datos empleando Excel (Microsoft, 2021). El análisis estadístico utilizó la estadística descriptiva, medidas de tendencia central y desviación estándar, representadas en tablas, empleando el programa SPSS versión 25, con un nivel de confianza del 95 % y un $\alpha=0,05$.

Para la realización de esta investigación se respetaron los principios éticos de consentimiento informado, bienestar, beneficencia y justicia correspondientes, según Declaración de Helsinki, garantizando la confidencialidad y el anonimato de los participantes.

RESULTADOS

Se evidenció variaciones de la concentración porcentual de los elementos químicos constitutivos del esmalte dental posterior a la aplicación de la sustancia blanqueadora a base de peróxido de hidrógeno al 38 %, con respecto al valor obtenido en el tiempo inicial de la investigación (T_0 premolares sin tratamiento). Se observó que el oxígeno casi duplicó su concentración con 15,95 %. En cambio, los valores porcentuales del calcio, fósforo y cloro, disminuyeron a 65,99 %, 15,87 % y 1,17 %, respectivamente.

Posterior al tratamiento con los compuestos fluorados, se constató un aumento significativo del calcio, siendo la concentración promedio para el grupo tratado con DFS (G_1) de 72,13 %. Para los tratados con NaF al 5 % y 2 % fue de 71,08 % y 70,52 %, para cada uno de ellos. En cuanto al fósforo, se notó una discreta disminución G_1 : 14,01 %; G_2 : 14,03 % y G_3 : 14,58 %. Mientras los valores del cloro se comportaron de manera similar (Tabla 1).

Tabla 1. Composición del esmalte dental en porcentaje de peso en los diferentes tiempos de la investigación

Elementos	T_0		T_1		T_2					
	N=40		N=40		G_1 N=10		G_2 N=10		G_3 N=10	
	%	DS	%	DS	%	DS	%	DS	%	DS
Calcio	75,83	6,52	65,99	9,58	72,13	7,23	71,08	8,21	70,52	7,98
Fósforo	18,01	2,43	15,87	2,71	14,01	2,19	14,03	2,35	14,59	2,98
Oxígeno	8,51	3,79	15,95	7,98	12,02	4,02	12,74	5,13	13,89	5,17
Cloro	1,71	0,82	1,17	0,52	1,25	0,72	1,11	0,75	1,17	0,65

T_0 : tiempo inicial; T_1 : tratamiento con peróxido de hidrógeno 38%; T_2 : tratamiento con compuestos fluorados; G_1 : tratamiento con DFS; G_2 : tratamiento con NaF 5%; G_3 : tratamiento con NaF 2%

En cuanto a los cambios en la apariencia del esmalte en función del tiempo y el tratamiento con los compuestos fluorados y, de acuerdo con los criterios preestablecidos, de los especímenes observados bajo luz polarizada: a los cinco días de tratamiento se halló que el grupo tratados con DFS (G_1) mostró la media más alta ($0,9 \pm 0,632$); seguidos por los grupos tratados con NaF 5 % ($0,8 \pm 0,732$) y NaF 2% ($0,7 \pm 0,521$). A los diez días se visualizó media aritméticas similares para los tres grupos tratados con fluoruros mientras que, a los 15 días, el mayor promedio fue para el G_1 . El análisis estadístico no indicó diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en comparación con el grupo control ($p=0,862$), a pesar que los grupos con mayor diferencia fueron G_1 y Control.

Tabla 2. Estadísticas descriptivas de la valoración de la remineralización de los premolares observados bajo la luz polarizada

Grupo	Tratamiento					
	5 días		10 días		15 días	
	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS	\bar{x}	DS
Control	0,3	0,422	0,3	0,483	0,4	0,516
G_1	0,9	0,632	0,7	0,699	1,1	0,816
G_2	0,8	0,732	0,7	0,789	0,8	0,652
G_3	0,7	0,521	0,7	0,213	0,8	0,421

G_1 : tratamiento con DFS; G_2 : tratamiento con NaF 5%; G_3 : tratamiento con NaF 2%

Los especímenes tratados con DFS mostraron una media de $0,9 \pm 0,632$ a los cinco días de tratamiento, con un descenso a los diez días. Se obtuvo una media de $0,7 \pm 0,699$ y $1,1 \pm 0,816$ a 15 días de tratamiento. Por otra parte, los dientes tratados con NaF 5 % revelaron una media de $0,8 \pm 0,732$ a los cinco días, a los diez días de $0,7 \pm 0,789$ y 15 días de $0,8 \pm 0,652$ (Figura 1).

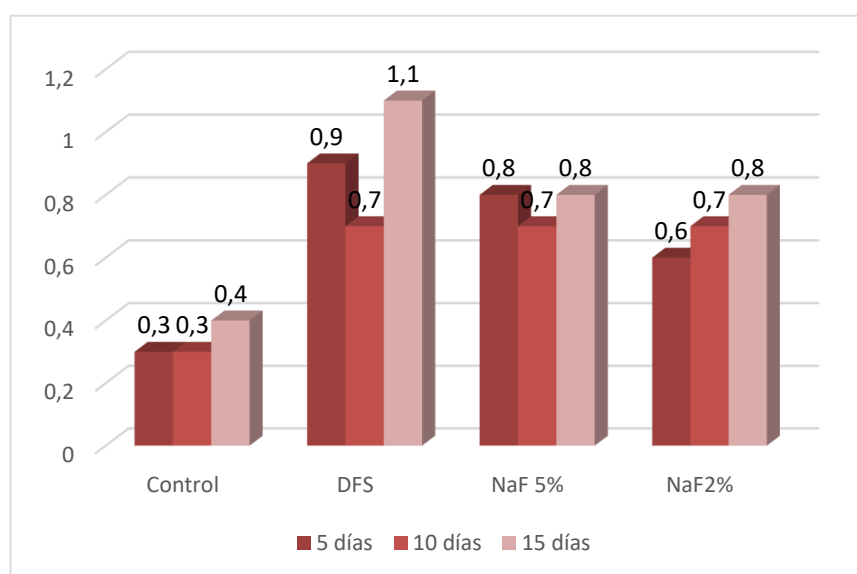


Figura 1. Distribución del promedio de remineralización de los premolares en función al tratamiento con compuesto fluorados y el tiempo.

Por su parte, los premolares tratados con NaF 2 % resultaron con media de $0,7 \pm 0,521$ a los cinco días, de $0,7 \pm 0,213$ a los diez días y de $0,8 \pm 0,421$ a los 15 días; lo que indicó un comportamiento relativamente constante del NaF 2 %. El grupo control mantuvo valores casi invariables en los tres tiempos de revisión. Estadísticamente, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,789$).

Finalmente, se estimó la remineralización por cada uno de los grupos de investigación. En el grupo de control no se observó remineralización posterior al tratamiento con peróxido de hidrógeno. En cambio, para el G₁, se visualizó la mayor cantidad de especímenes con modificación de las estructuras duras por inclusión de minerales en su interior (70 %; 7/10). Seguidos del G₂ y G₃ con 60 % (6/10) y 50 % (5/10) respectivamente. Sin evidencia estadísticamente significativa ($p=0,08$) (Tabla 3).

Tabla 3. Comparación de la remineralización de los premolares observados bajo la luz polarizada en los diferentes grupos experimentales

Grupo	Remineralización		Total
	Si	No	
Control	-	10	10
G ₁	7	3	10
G ₂	6	4	10
G ₃	5	5	10
Total	18	22	40

G₁: tratamiento con DFS; G₂: tratamiento con NaF 5 %; G₃: tratamiento con NaF 2 %.

DISCUSIÓN

El blanqueamiento dental se ha consolidado como uno de los procedimientos odontológicos de mayor demanda, impulsado por tendencias socioculturales y por mensajes mediáticos que refuerzan estándares estéticos. No obstante, la literatura ha señalado que el uso de agentes blanqueadores, particularmente el peróxido de hidrógeno, puede asociarse a efectos no deseables sobre la estructura dental.⁽³⁻⁵⁾ En este marco, el presente estudio se orientó a evaluar la capacidad remineralizadora de tres compuestos fluorados aplicados tras un blanqueamiento con peróxido de hidrógeno.

Inicialmente, el procedimiento in vitro con peróxido de hidrógeno al 38 % se asoció con modificaciones en la composición química del esmalte, evidenciándose una disminución principalmente de calcio y fósforo.⁽¹⁰⁾ Hallazgos concordantes respaldan que el blanqueamiento induce alteraciones en la superficie del esmalte, con la inclusión de cambios microestructurales y disminución de la dureza.⁽³⁻⁵⁾

Adicionalmente, en la evaluación microscópica mediante luz polarizada se observaron cambios estructurales compatibles con procesos de desmineralización, en concordancia con investigaciones previas.⁽³⁻⁵⁾ De forma similar, se ha documentado pérdida mineral asociada al uso de peróxidos mediante microscopía electrónica de barrido y a través de microscopía de fuerza atómica, se ha descrito afectación de componentes estructurales del esmalte.⁽⁴⁾

Estos hallazgos podrían explicarse por la acción oxidativa de radicales libres generados durante el blanqueamiento, capaces de alterar la integridad de la superficie y subsuperficie del esmalte y favorecer pérdidas minerales, al considerar que la microdureza se relaciona estrechamente con el contenido mineral del tejido. Sin embargo, no todos los estudios reportan efectos marcados sobre la micromorfología superficial. El efecto desmineralizante depende de variables del protocolo, como concentración y tiempo de exposición.⁽¹⁰⁾

Respecto al aumento del oxígeno observado, este comportamiento resultó coherente con el mecanismo de acción del peróxido de hidrógeno.⁽³⁾ Diversos autores han descrito que dicho oxígeno residual puede interferir con la polimerización de resinas compuestas.^(5,6) En relación con la remineralización, distintos estudios han señalado que ciertos compuestos fluorados pueden favorecer la reincorporación mineral del esmalte.^(9,11) El flúor puede interactuar con la hidroxiapatita y promover la formación de estructuras menos solubles.⁽⁹⁾ En el presente estudio, se evaluaron *in vitro* difluorosilano (DFS), fluoruro de sodio (NaF) al 5 % y NaF al 2 %.⁽¹¹⁾

Dentro de los grupos analizados, el DFS mostró una mayor tendencia a la remineralización.⁽¹¹⁾ Por otra parte, el NaF al 5 % mostró remineralización en un porcentaje importante de especímenes.⁽¹¹⁾ En cuanto al NaF al 2 %, ⁽¹¹⁾ cuya concentración se aproxima a formulaciones de uso cotidiano, se evidenció remineralización en una proporción menor de unidades experimentales.⁽¹²⁾ En conjunto, estos hallazgos permiten inferir que el efecto remineralizante de fluoruro de baja concentración (NaF 2 %) podría depender de variables como el tiempo de exposición, la frecuencia de aplicación y las condiciones del medio, aspectos que deben considerarse al interpretar los resultados. La disminución del fósforo se relaciona con procesos de disolución de la hidroxiapatita bajo la acción del peróxido.⁽¹³⁾

En este ensayo *in vitro* se presentaron algunas limitaciones como: la ausencia de dinámica salival real y pH cíclico bucal, la evaluación limitada a 15 días (no captura remineralización a largo plazo), el modelo de premolares extraídos no replica condiciones pulpares vivas, así como la falta de evaluación microdureza/dureza Knoop complementaria.

Todas las piezas (n=40) recibieron peróxido de hidrógeno al 38 % inicialmente, incluido grupo control; se observó reducción del calcio y del fósforo, con aumento del oxígeno, además de evidencias microscópicas compatibles con desmineralización. Tras el tratamiento con compuestos fluorados, se identificó un incremento del calcio y signos de remineralización, aunque sin significancia estadística, lo que sugiere que el efecto podría depender de la concentración de flúor y del tiempo de exposición. En consecuencia, se recomienda desarrollar investigaciones adicionales que evalúen el comportamiento a largo plazo de estrategias con fluorados posteriores al blanqueamiento, con la incorporación de condiciones que simulen con mayor fidelidad el entorno bucal fisiológico y la valoración de posibles efectos desfavorables en el paciente.

CONCLUSIONES

Los hallazgos respaldan que el protocolo de blanqueamiento empleado puede inducir alteraciones mineralógicas y estructurales del esmalte, cuya magnitud puede relacionarse con variables propias del agente y del tiempo de exposición.

Tras la aplicación tópica de los compuestos fluorados evaluados (DFS, NaF 5 % y NaF 2 %), se observó una tendencia a la recuperación mineral, reflejada principalmente en el incremento del calcio y en signos de remineralización del esmalte; sin embargo, no se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Por tanto, la fluorización postblanqueamiento puede integrarse como protocolo estándar para mitigar desmineralización, especialmente con DFS (70 % efectividad observada).

En conjunto, los resultados sugieren que el efecto remineralizante podría depender de la concentración de flúor y del tiempo de contacto, por lo que se recomienda realizar estudios adicionales que incorporen condiciones más cercanas al entorno bucal (por ejemplo: modelos de pH cíclico y seguimiento a mayor plazo) para la determinación con mayor precisión del impacto clínico de los tratamientos fluorados posteriores al blanqueamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Quiñonez Vivas DL, Mena Silva PA. Efecto abrasivo de dentífricos clareadores con carbón activado. Revisión de la literatura. Rev San Gregorio [Internet]. 2022 [citado 15 Dic 2025]; 1(49):108-122. DOI: <https://doi.org/10.36097/rsan.v0i49.1950>
2. Quiñonez-Vivas DL, Mena-Silva PA, Romero-Fernández AJ. Efecto abrasivo de dentífricos clareadores con carbón activado sobre la estructura dentaria: revisión sistemática. SRS [Internet]. 2025 [citado 15 Dic 2025]; 4:156-164. DOI: <https://doi.org/10.62574/ccbdfh55>
3. Zamudio-Santiago J, Ladera-Castañeda M, Santander-Rengifo F, López-Gurreonero C, Cornejo-Pinto A, Echavarría-Gálvez A, et al. Effect of 16% carbamide peroxide and activated-charcoal-based whitening toothpaste on enamel surface roughness in bovine teeth: an in vitro study. Biomedicines [Internet]. 2023 [citado 11 Ene 2026]; 11(1):22. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomedicines11010022>
4. AlShehri A, AlRefeai MH, AlZamil F, AlOtaibi N, AlKinani Y. Effect of over-the-counter tooth-whitening products on enamel surface roughness and microhardness. Appl Sci [Internet]. 2022 [citado 15 Dic 2025]; 12(14):6930. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12146930>
5. Olmedo DE, Kury M, Resende BA, Cavalli V. Use of antioxidants to restore bond strength after tooth bleaching with peroxides. Eur J Oral Sci [Internet]. 2021 [citado 11 Ene 2026]; 129:e12773. DOI: <https://doi.org/10.1111/eos.12773>
6. Reyes-Cruz LE, Scipión-Castro RD, Galarza-Valencia DJ, Mendoza-Murillo PO, Estela-Núñez EY, Poma-Castillo LF. Efecto de dos agentes de aclaramiento sobre la microdureza superficial de una resina compuesta. Av Odontoestomatol [Internet].



- 2024 [citado 15 Dic 2025]; 40(2):57-62. Disponible en: <https://s1nk.com/zh2zl3d>
7. Moradas Estrada M. ¿Qué material y técnica seleccionamos para blanqueamiento dental y por qué? Protocolo para evitar hipersensibilidad dental posterior. Av Odontoestomatol [Internet]. 2017 [citado 9 Ene 2026]; 33(3):103-12. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0213-12852017000300002&script=sci_arttext
 8. Juárez Montaña J, Tovar Ibarra C. Eficacia del blanqueamiento dental con láser ND YAG y lámpara LED con peróxido de carbamida al 10%. Anuarioium [Internet]. 2020 [citado 10 Ene 2026]; 1(1):13-15. Disponible en: <http://anuarioinvestigacion.um.edu.mx/index.php/anuarioium/article/view/145>
 9. Barth de Andrade Luz S, Melo da Cunha Oliveira RI, Alvares Leite Guanabara L, Barros Viana B, Tibau Aguiar Dias R, Dantas Batista AU, et al. Effect of whitening dentifrices on dental enamel: an analysis of color, microhardness, and surface roughness in vitro. Quintessence International [Internet]. 2024 [citado 10 Ene 2026]; 55(8):630-638. DOI: <https://doi.org/10.3290/j.qi.b5517931>
 10. Dos Santos AL, Delbem AC, Danelon M, Marcon LN, Shinohara MS. Evaluation of new compositions of 10% hydrogen peroxide-based bleaching agents containing t rimetaphosphate and fluoride on enamel demineralization. Eur J Oral Sci [Internet]. 2020 [citado 15 Dic 2025]; 128(5):450-456. DOI: <https://doi.org/10.1111/eos.12735>
 11. El-Damanhoury HM, Elsañ NA, Sheela S, Bastaty T. In vitro enamel remineralization efficacy of calcium silicate-sodium phosphate-fluoride salts versus NovaMin Bioactive Glass, following tooth whitening. Eur J Dent [Internet]. 2021; 15(03):515-522. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1722484>
 12. Rafiee A, Memarpour M, Benam H. Evaluation of bleaching agent effects on color and microhardness change of silver diamine fluoride-treated demineralized primary tooth enamel: An in vitro study. BMC Oral Health [Internet]. 2022 [citado 19 Ene 2026]; 22:347. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02371-3>
 13. Paredes Herrera ME, Reinoso Toledo EP, Escobar Peñafiel CP. Efectividad del uso de desensibilizantes en el blanqueamiento dental. Rev Inf Cient [Internet]. 2024 [citado 15 Dic 2025]; 103(1Sup):e4521. Disponible en: <https://revinfcientifica.sld.cu/index.php/ric/article/view/4521>

Declaración de conflictos de intereses:

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Armando Moisés Carrillo Fernández: conceptualización, curación de datos, investigación, metodología, recursos, supervisión, análisis formal, redacción borrador original, redacción-revisión y edición.

Christian Armando Díaz Correa: investigación, recursos, supervisión, validación, visualización, redacción-revisión y edición.

Cintia Adriana Núñez Apumayta: curación de datos, análisis formal, redacción-revisión y edición.

Financiación:

No se recibió financiación para el desarrollo del presente artículo.

