Sanitas
Revista arbitrada de ciencias de la salud
Vol. 5(especial2), 1-11, 2026
https://doi.org/10.62574/644d8217

Alteraciones del esmalte dental en premolares sanos tratados con ortodoncia fija mediante tomografía computarizada de haz cónico: ensayo ex vivo

Dental enamel alterations in healthy premolars treated with fixed orthodontics using cone-beam computed tomography: an ex vivo trial

Bryan Xavier Montalván-Barzallo
bryan.montalvan.23@ucacue.est.edu.ec
Universidad Católica de Cuenca, Azogues, Cañar, Ecuador
https://orcid.org/0009-0007-0959-0085

Cristian Hernán Campoverde-Torres
ccampoverde@ucacue.edu.ec
Universidad Católica de Cuenca, Azogues, Cañar, Ecuador
https://orcid.org/0000-0003-0908-1049

RESUMEN

Objetivo: determinar las alteraciones en el espesor del esmalte dental posteriores al retiro de aditamentos ortodónticos (brackets), mediante CBCT. **Método:** se realizó un estudio comparativo ex vivo en 30 premolares sanos, evaluados mediante CBCT antes del bondeado de brackets (T1) y después de su descementado y remoción de resina residual (T2), en el posgrado de ortodoncia de la Universidad Católica de Cuenca, sede Azogues. **Resultados:** la mediana del espesor del esmalte disminuyó de 1,50 mm en T1 a 1,47 mm en T2, con diferencia estadísticamente significativa (p = 0,001; prueba de Wilcoxon). **Conclusión:** el tratamiento con ortodoncia fija se asoció con una reducción medible del espesor del esmalte vestibular, por lo cual se recomienda optimizar los protocolos de descementado.
Descriptores: esmalte dental; ortodoncia; tomografía computarizada de haz cónico. (Fuente, DeCS).

ABSTRACT

Objective: to determine changes in the thickness of dental enamel following the removal of orthodontic appliances (braces), using CBCT. **Methods:** a comparative ex vivo study was conducted on 30 healthy premolars, evaluated by CBCT before bracket bonding (T1) and after debonding and residual resin removal (T2), at the orthodontics graduate program of the Universidad Católica de Cuenca, Azogues campus. **Results:** the median enamel thickness decreased from 1.50 mm at T1 to 1.47 mm at T2, with a statistically significant difference (p = 0.001; Wilcoxon test). **Conclusion:** fixed orthodontic treatment was associated with a measurable reduction in buccal enamel thickness, which supports optimizing debonding protocols.
Descriptors: dental enamel; orthodontics; cone-beam computed tomography. (Source, DeCS).

Recibido: 27/05/2026. Revisado: 03/06/2026. Aprobado: 07/07/2026. Publicado: 06/08/2026.
Original breve

INTRODUCCIÓN

El esmalte dental constituye un tejido mineralizado altamente organizado, compuesto por cristales de apatita dispuestos en prismas decusados que le confieren notable resistencia mecánica y una estrecha relación funcional con los tejidos dentales circundantes (1,2). Dentro de este orden de ideas, dicha arquitectura prismática explica por qué el esmalte resiste con eficacia las cargas oclusales sin perder su función protectora (2). Una vez formado, el esmalte no puede repararse ni regenerarse biológicamente; en consecuencia, la saliva actúa como principal mecanismo de mantenimiento, gracias a los iones de flúor, calcio y fosfato que favorecen su remineralización superficial (3,4).

Ahora bien, el espesor del esmalte puede modificarse por fracturas y microfracturas traumáticas, cuya identificación oportuna resulta clave para prevenir un mayor deterioro estructural (5). Al mismo tiempo, la demanda de tratamiento ortodóntico ha crecido de forma sostenida en distintos contextos, entre ellos el ecuatoriano, debido tanto a requerimientos estéticos como funcionales asociados a la armonía facial y a la oclusión (6). Este incremento plantea la necesidad de examinar con rigor los efectos que la ortodoncia fija ejerce sobre la superficie dentaria, puesto que la formación del esmalte determina en gran medida su comportamiento clínico posterior (7).

Un vínculo fuerte y confiable entre el bracket y el esmalte resulta deseable desde el punto de vista biomecánico; sin embargo, una elevada fuerza de adhesión incrementa también la probabilidad de dañar la superficie dentaria durante el descementado (8). Por esta razón, la adhesión y el posterior retiro de los aditamentos ortodónticos continúan siendo motivo de debate entre los clínicos, quienes discuten si esta intervención genera alteraciones medibles en el esmalte

tras su remoción (9). Cabe destacar que las consecuencias clínicas de dicho desgaste incluyen mayor susceptibilidad a lesiones cariosas y sensibilidad dental en la superficie vestibular tratada (10).

Diversas técnicas se han empleado para cuantificar estos cambios, entre ellas la tomografía de coherencia óptica y los sistemas de escaneo tridimensional; no obstante, la tomografía computarizada de haz cónico ofrece una alternativa fiable, no invasiva y con resolución suficiente para detectar variaciones desde 0,1 mm (11).

El objetivo del estudio fue determinar las alteraciones en el espesor del esmalte dental posteriores al retiro de aditamentos ortodónticos (brackets), mediante CBCT.

MÉTODO

Se desarrolló un estudio comparativo ex vivo en el posgrado de ortodoncia de la Universidad Católica de Cuenca, sede Azogues, orientado a evaluar las alteraciones del espesor del esmalte dental en la porción más anterior de la superficie vestibular de premolares sanos extraídos por indicación ortodóntica. La investigación se ejecutó de conformidad con la Declaración de Helsinki y fue aprobada por el Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Universidad Católica de Cuenca (CEISH-UCACUE-2026-039); asimismo, se obtuvo el consentimiento informado por escrito de cada paciente donante para el uso exclusivo de las piezas dentales con fines académicos.

La muestra estuvo constituida por 30 premolares sanos, extraídos de pacientes de entre 18 y 65 años atendidos en la clínica de ortodoncia de dicha universidad. El tamaño muestral se calculó tomando como referencia un estudio previo de diseño similar (12), con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Se incluyeron piezas con superficie vestibular íntegra y consentimiento informado vigente; por el contrario, se excluyeron los dientes con caries, restauraciones,

fracturas, hipoplasias, desgaste visible en la zona de medición o deterioro durante su almacenamiento.

Las muestras se codificaron y se almacenaron en agua destilada durante 30 días; posteriormente se montaron en tres bloques acrílicos (A, B y C), con diez dientes cada uno, orientados de manera estandarizada (Figura 1). En un primer tiempo tomográfico (T1) se obtuvieron las imágenes CBCT iniciales. Un operador previamente calibrado realizó el acondicionamiento del esmalte con ácido ortofosfórico al 37% durante 15 segundos, la aplicación de adhesivo Peak Universal Bond (Ultradent®) y el fotocurado durante 3 segundos con lámpara LED a 2300 mW/cm².

Los brackets metálicos Orthometric®, prescripción MBT, se cementaron con resina Enlight (Ormco®) y permanecieron en agua destilada a temperatura ambiente durante 24 horas antes del descementado, procedimiento que se realizó con una pinza removedora recta Orthometric® (ref. 75.01.0005, modelo 346) (Figura 2). La resina residual se eliminó con fresas multilaminadas de 1,5 mm montadas en micromotor a 40 000 rpm, bajo un máximo de diez pasadas por pieza y con verificación visual directa de la superficie. Tras la remoción, los bloques se posicionaron para el segundo tiempo tomográfico (T2) (Figuras 3 y 4).

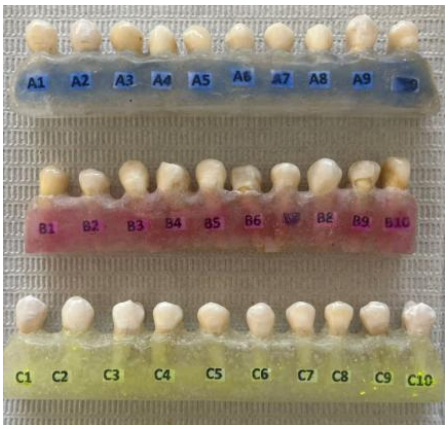


Figura 1. Bloques acrílicos A, B y C con diez órganos dentales cada uno, que conforman la muestra de 30 dientes extraídos por indicación ortodóntica y almacenados previamente en agua destilada durante 30 días.



Figura 2. Pinza removedora de brackets recta Orthometric® (ref. 75.01.0005, modelo 346).

Se utilizó un equipo CBCT KaVo OP 3D® con voxel isotrópico de 0,3 mm, 6 mA, 90 kV y campo de visión de 13 × 15 cm; las mediciones se efectuaron en el plano axial mediante el software NNT Viewer 5.6, en el centro de la corona clínica correspondiente al área de adhesión del bracket. Un mismo observador calibrado realizó las mediciones en dos ocasiones independientes; con base en una submuestra de cinco unidades y la fórmula de Dahlberg, el error técnico de medición se estimó en 0,0116 mm.



Figura 3. Posicionamiento de los bloques acrílicos en el sistema tomográfico.



Figura 4. Materiales utilizados en el cementado de los brackets.

Los datos se procesaron con el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versión 25.0, con un nivel de significación de $p < 0,05$. Debido a la naturaleza no paramétrica de los datos, las diferencias entre los espesores

registrados en T1 y T2 se analizaron mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon.

RESULTADOS

Los valores descriptivos del espesor del esmalte se resumen en la Tabla 1. En T1, la media fue de 1,49 mm, con una mediana de 1,50 mm y una desviación estándar de 0,06 mm; los registros oscilaron entre 1,40 mm y 1,61 mm. En T2, la media descendió a 1,47 mm, con una mediana de 1,47 mm y una desviación estándar de 0,08 mm, mientras que los valores variaron entre 1,20 mm y 1,60 mm.

Tabla 1. Media, mediana, desviación estándar, mínimo y máximo del espesor del esmalte vestibular en T1 y T2.

Parámetro	T1	T2
Media	1,49 mm	1,47 mm
Mediana	1,50 mm	1,47 mm
Desviación estándar	0,06 mm	0,08 mm
Mínimo	1,40 mm	1,20 mm
Máximo	1,61 mm	1,60 mm

T1: primer tiempo tomográfico. **T2:** segundo tiempo tomográfico.

De forma general, se observó una disminución leve del espesor promedio del esmalte entre ambos tiempos de medición, acompañada de una mayor dispersión de los datos en T2, evidenciada en el incremento de la desviación estándar (Tabla 2).

Tabla 2. Espesor del esmalte vestibular inicial (T1) y final (T2) por diente, en cada bloque acrílico. Ambos registros se realizaron manteniendo la misma orientación y posicionamiento.

N.°	Bloque A - T1	Bloque A - T2	Bloque B - T1	Bloque B - T2	Bloque C - T1	Bloque C - T2
1	1,48 mm	1,47 mm	1,40 mm	1,40 mm	1,43 mm	1,42 mm
2	1,61 mm	1,60 mm	1,61 mm	1,60 mm	1,46 mm	1,45 mm
3	1,56 mm	1,55 mm	1,58 mm	1,55 mm	1,48 mm	1,45 mm
4	1,53 mm	1,53 mm	1,45 mm	1,45 mm	1,50 mm	1,48 mm
5	1,43 mm	1,40 mm	1,44 mm	1,43 mm	1,57 mm	1,50 mm
6	1,43 mm	1,41 mm	1,47 mm	1,46 mm	1,44 mm	1,40 mm
7	1,41 mm	1,40 mm	1,52 mm	1,20 mm	1,51 mm	1,48 mm
8	1,59 mm	1,59 mm	1,50 mm	1,50 mm	1,53 mm	1,50 mm
9	1,53 mm	1,51 mm	1,46 mm	1,45 mm	1,41 mm	1,40 mm
10	1,56 mm	1,56 mm	1,53 mm	1,50 mm	1,55 mm	1,52 mm

Al comparar el espesor inicial y el espesor final mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, se obtuvo un p-valor de 0,001; dado que este valor resultó inferior al nivel de significación establecido (0,05), se rechazó la hipótesis nula, lo cual confirma diferencias estadísticamente significativas entre el espesor del esmalte antes de la instalación de los brackets y después de su retiro (Tabla 3).

Tabla 3. Resultado de la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para el espesor del esmalte antes y después del retiro de los brackets.

Diferencia	p-valor (Wilcoxon)	Significancia (α = 0,05)
Espesor inicial – Espesor final	0,001	Significativo

DISCUSIÓN

La disminución del espesor del esmalte observada en este estudio fue estadísticamente significativa, aunque de magnitud reducida en términos clínicos absolutos; no obstante, incluso las pérdidas submilimétricas pueden adquirir relevancia cuando se asocian con procedimientos repetidos de adhesión, descementado y remoción de resina (13). Desde una perspectiva clínica, este hallazgo sugiere que los protocolos de cementado y, sobre todo, de descementado deben ejecutarse con extrema precaución para minimizar el daño iatrogénico sobre la superficie vestibular (9).

En términos biológicos, la pérdida de esmalte compromete la integridad de la barrera protectora del diente y favorece una mayor susceptibilidad a la desmineralización, dado que las proteínas del esmalte maduro reducen su capacidad de protección frente a ambientes ácidos una vez alterada la superficie (14); además, al tratarse de un tejido que no se regenera de forma natural, cualquier daño estructural conlleva consecuencias permanentes (7).

En concordancia con los hallazgos de la presente investigación, un estudio realizado mediante escaneo tridimensional evidenció también una disminución significativa del espesor del esmalte tras el retiro de brackets, en comparación con un grupo control, lo cual respalda los resultados aquí obtenidos (11). Sin embargo, a diferencia de lo hallado en este ensayo, Seeliger, et al. no identificaron diferencias estadísticamente significativas al evaluar el espesor del esmalte mediante tomografía de coherencia óptica (12); esta discrepancia podría explicarse por diferencias metodológicas entre ambas técnicas de imagen.

El grosor del esmalte se ha estudiado mediante distintos métodos a lo largo de las últimas décadas; entre ellos, la tomografía de coherencia óptica se ha descrito como un procedimiento eficaz, seguro y no invasivo para cuantificar la superficie residual tras el descementado, aunque de costo elevado (15). Con base en el consenso de expertos disponible, se recomienda estandarizar los protocolos de descementado y priorizar técnicas que reduzcan el riesgo de sobrecalentamiento y de desgaste iatrogénico durante la remoción de resina residual (13).

Como limitación del estudio, su diseño ex vivo impide reproducir íntegramente las condiciones de la cavidad oral, en las que intervienen factores como la saliva, las cargas oclusales, las variaciones térmicas y la presencia de biofilm; asimismo, no puede descartarse un posible sesgo del observador, pese a la calibración previa y a la estandarización del protocolo.

CONCLUSIÓN

Se concluye que el tratamiento con ortodoncia fija, incluidos los procedimientos de cementado, descementado y remoción de resina residual, se asoció con una disminución estadísticamente significativa del espesor del esmalte vestibular en premolares sanos evaluados mediante CBCT ex vivo. Estos resultados evidencian que el protocolo clínico empleado puede generar alteraciones medibles en la

superficie del esmalte; por consiguiente, se recomienda optimizar las técnicas de descementado y de remoción de resina, con miras a minimizar el daño estructural durante el retiro de los aditamentos ortodónticos. En definitiva, futuras investigaciones con diseños in vivo y muestras de mayor tamaño permitirían confirmar la magnitud clínica de estos hallazgos.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

CONFLICTO DE INTERÉS

No existe conflicto de interés con personas o instituciones ligadas a la investigación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Católica de Cuenca, sede Azogues.

REFERENCIAS

1. Pandya M, Diekwisch TGH. Enamel biomimetics-fiction or future of dentistry. Int J Oral Sci. 2019;11(1):8. doi:10.1038/s41368-018-0038-6 PubMed PMID: 30610185.
2. Wilmers J, Bargmann S. Nature's design solutions in dental enamel: uniting high strength and extreme damage resistance. Acta Biomater. 2020 abr 15;107:1-24. doi:10.1016/j.actbio.2020.02.019 PubMed PMID: 32087326.
3. Farooq I, Bugshan A. The role of salivary contents and modern technologies in the remineralization of dental enamel: a narrative review [version 3; peer review: 3 approved]. F1000Res. 2021;9:171. doi:10.12688/f1000research.22499.3 PubMed PMID: 32201577.
4. Farooq I, Bugshan A. The role of salivary contents and modern technologies in the remineralization of dental enamel: a review [version 1]. F1000Res. 2020;9:171. doi:10.12688/f1000research.22499.1
5. Zidane B. Recent advances in the diagnosis of enamel cracks: a narrative review. Diagnostics (Basel). 2022;12(8):2027. doi:10.3390/diagnostics12082027 PubMed PMID: 36010379.
6. Jiménez-Romero MN, Uyaguari Puchaicela LM, Enríquez Maurad KA, Lima-Illescas MV. Necesidad del tratamiento ortodóntico según el índice estético dental en la etnia Kichwa Saraguro, Ecuador. Rev Cubana Estomatol. 2024;61:e4951.
7. Lacruz RS, Habelitz S, Wright JT, Paine ML. Dental enamel formation and implications for oral health and disease. Physiol Rev. 2017 jul 1;97(3):939-993. doi:10.1152/physrev.00030.2016 PubMed PMID: 28468833.
8. Rivera Velásquez CA, Ossa H A, Arola D. Fragilidad y comportamiento mecánico del esmalte dental. Rev Ing Biomed. 2012;6(12):10-6.

9. Suliman SN, Trojan TM, Tantbirojn D, Versluis A. Enamel loss following ceramic bracket debonding: a quantitative analysis in vitro. Angle Orthod. 2015 jul;85(4):651-6. doi:10.2319/032414-224.1 PubMed PMID: 25264580.
10. Seow WK. Developmental defects of enamel and dentine: challenges for basic science research and clinical management. Aust Dent J. 2014 jun;59(Suppl 1):143-54. doi:10.1111/adj.12104 PubMed PMID: 24164394.
11. Koprowski R, Machoy M, Woźniak K, Wróbel Z. Automatic method of analysis of OCT images in the assessment of the tooth enamel surface after orthodontic treatment with fixed braces. Biomed Eng Online. 2014 abr 22;13:48. doi:10.1186/1475-925X-13-48 PubMed PMID: 24755213.
12. Seeliger J, Machoy M, Koprowski R, Safranow K, Gedrange T, Woźniak K. Enamel thickness before and after orthodontic treatment analysed in optical coherence tomography. Biomed Res Int. 2017;2017:8390575. doi:10.1155/2017/8390575 PubMed PMID: 28243604.
13. Xia L, Zhou C, Mei P, Jin Z, He H, Wang L, et al. Expert consensus on the prevention and treatment of enamel demineralization in orthodontic treatment. Int J Oral Sci. 2025 mar 1;17:13. doi:10.1038/s41368-024-00335-7 PubMed PMID: 40021614.
14. Lubarsky GV, D'Sa RA, Deb S, Meenan BJ, Lemoine P. The role of enamel proteins in protecting mature human enamel against acidic environments: a double layer force spectroscopy study. Biointerphases. 2012;7(1-4):14. doi:10.1007/s13758-011-0014-6 PubMed PMID: 22589057.
15. Kim Y, Jung GI, Jeon D, Wijesinghe RE, Seong D, Lee J, et al. Non-invasive optical coherence tomography data-based quantitative algorithm for the assessment of residual adhesive on bracket-removed dental surface. Sensors (Basel). 2021 jul 7;21(14):4670. doi:10.3390/s21144670 PubMed PMID: 34300410.

Derechos de autor: 2026. Por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/