

Enamel Surface Roughness with Experimental Pastes Based on Chicken and Quail Eggshells

Rugosidad superficial del esmalte dental mediante pastas experimentales basadas en cáscaras de huevo de gallina y codorniz

ANGELA LUISA PARIONA-CALISAYA¹, KARINA HUAMÁN-MUJICA², LEANDRA DEL CARMEN RÍOS-LLANCA³

¹ Cirujano dentista, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Privada de Tacna, Perú.  0000-0002-7352-3625

² Doctor en Estomatología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.  0000-0001-9183-5596

³ Especialista en Ortodoncia y Ortopedia maxilar, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Privada de Tacna, Perú.  0000-0003-1082-3900

ABSTRACT

Introduction: this study evaluated the efficacy of experimental polishing pastes made from quail and chicken eggshells in reducing enamel surface roughness after bracket debonding. **Methods:** experimental polishing pastes were formulated from quail and chicken eggshells with different particle sizes (0.1 μm , 0.3 μm , and 2.0 μm). The sample consisted of sound premolars ($n = 90$) to assess enamel roughness after polishing with the eggshell-based pastes. Control groups included: specimens before bracket bonding, after bracket removal, and polished with a commercial diamond paste. Qualitative and quantitative analyses of enamel surfaces were performed using scanning electron microscopy (SEM) and a profilometer, respectively. **Results:** unpolished specimens showed high surface roughness ($0.78 \pm 0.37 \mu\text{m}$). After application of the eggshell-based pastes (quail and chicken), and the diamond paste, surface roughness values were significantly lower and comparable among all groups, with no statistically significant differences. **Conclusions:** experimental polishing pastes formulated from quail and chicken eggshells effectively reduced enamel surface roughness after bracket removal. Their efficacy was comparable to that of the commercial product, supporting their potential as eco-friendly alternatives.

Keywords: dental enamel, dental polishing, biomaterials, orthodontic brackets

Resumen

Introducción: el objetivo de este estudio fue determinar la eficacia de pastas pulidoras experimentales elaboradas con cáscaras de huevo de gallina y codorniz para disminuir la rugosidad superficial del esmalte después de la remoción de brackets. **Métodos:** se elaboraron pastas pulidoras experimentales a partir de cáscaras de huevo de gallina y codorniz, variando el tamaño de las partículas: 0,1 μm , 0,3 μm y 2 μm . La muestra estuvo conformada por premolares sanos ($n = 90$) para determinar la rugosidad del esmalte tras el pulido con las pastas experimentales a base de cáscaras de huevo. Se incluyeron como grupos control: especímenes previos a la adhesión del bracket, especímenes posteriores a la remoción del bracket y especímenes pulidos con una pasta comercial diamantada. Se realizaron análisis cualitativos y cuantitativos de las superficies del esmalte mediante microscopía electrónica de barrido (MEB) y un rugosímetro, respectivamente. **Resultados:** las muestras no pulidas presentaron una rugosidad superficial elevada de $0,78 \pm 0,37 \mu\text{m}$, mientras que, tras la aplicación de las pastas elaboradas con cáscaras de huevo de codorniz, de gallina y la pasta diamantada, se obtuvieron valores de rugosidad superficial relativamente bajos y equiparables entre sí, sin diferencias estadísticamente significativas. **Conclusiones:** las pastas de pulido experimentales formuladas con cáscaras de huevo de gallina y codorniz redujeron efectivamente la rugosidad de la superficie del esmalte tras la remoción de Brackets con una eficacia comparable a un producto comercial, presentándose como una alternativa ecoamigable.

Palabras clave: esmalte dental, pulido dental, biomateriales, soportes ortodóncicos

Enviado: marzo 1/2025 - Aceptado: octubre 12/2025



Cómo citar este artículo: Pariona-Calisaya AL, Huamán-Mujica K, Ríos-Llanca LDC Rugosidad superficial del esmalte dental mediante pastas experimentales basadas en cáscaras de huevo de gallina y codorniz. Rev Fac Odontol Univ Antioq. 2026; 38(1): e360182. DOI: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rfo.v38n1e360182>



INTRODUCCIÓN

Los brackets en ortodoncia, especialidad odontológica encargada de la supervisión, cuidado y corrección de malposiciones dentarias y alteraciones maxilofaciales,^{1,2} son comúnmente empleados como aparatología fija para lograr movimientos dentarios controlados. Estos aditamentos se adhieren al esmalte dental, previa aplicación de un grabado ácido que promueve la creación de microporosidades y zonas retentivas para asegurar una adhesión adecuada, brindando soporte durante la aplicación de fuerzas mecánicas.³ Al finalizar el tratamiento, la superficie del esmalte debería retornar a su condición original, sin restos de composite y sin lesiones en la estructura adamantina. No obstante, tras la remoción de brackets y la eliminación del cemento residual, especialmente mediante el uso de sistemas rotatorios, la superficie del esmalte suele presentar aspereza y rugosidad. Esta condición, a su vez, dificulta una higiene oral apropiada y aumenta la susceptibilidad a la acumulación de placa dental, la formación de manchas y la disminución de la estética dental.⁴ Por consiguiente, se requiere el pulido del esmalte dental para suprimir estas irregularidades, obteniendo una superficie lisa y brillante.^{5,6}

Las cáscaras de huevo, tanto de gallina como codorniz, son recursos naturales para la obtención del carbonato de calcio, y su integración como abrasivos en pastas pulidoras para resina puede reducir efectivamente la rugosidad de la superficie dental, atribuir ventajas antimicrobianas, generar remineralización y ser económicas al considerarse biodisponibles.⁷⁻¹³

A pesar de que la cáscara de huevo tiene diversos usos, aún existe evidencia limitada sobre su potencial como agente pulidor en el esmalte tras la remoción de brackets ortodónticos, por lo que, el presente estudio tuvo como objetivo determinar la eficacia de pastas experimentales elaboradas a partir de cáscaras de huevo de gallina y codorniz, con diferentes tamaños de partícula, en la reducción de la rugosidad de la superficie del esmalte después de la remoción de brackets.

MÉTODOS

Este estudio fue de tipo experimental. El polvo de las cáscaras de huevo de gallina y codorniz fue obtenido a partir del consumo doméstico, y procesadas siguiendo la metodología de Suryanarayana¹⁴ y Ononiwu et al.¹⁵, mediante molienda mecánica con un molino planetario de bolas PM100 (Retsch GmbH, Haan, Alemania), con tiempos de molienda de 10, 30 y 60 minutos, a una velocidad de giro de 300 rpm.¹³

Caracterización física

El polvo de las cáscaras de huevo obtenidos fue analizado, inicialmente, por difracción de rayos X (XRD) para determinar el tamaño de cristalito. El rango de medida fue de 20° a 90° 2θ con pasos de 0,1° y un tiempo de 0,1 s por paso, empleando un difractómetro D8 Focus (Bruker AXS GmbH, Karlsruhe, Alemania) con radiación CuKα. Posteriormente, en el análisis de la distribución de tamaños de partículas, se utilizó la técnica de dispersión dinámica de luz (DLS) con un equipo ZLS Nicomp (Entegris Inc., Massachusetts, EE.UU.) en el rango de 0,01 μm a 10 μm.

Preparación de pastas de pulido experimentales

Se formularon las pastas experimentales para ambas cáscaras a tres diferentes granulometrías del abrasivo (0,1, 0,3, 2 μm). Los componentes adicionalmente incorporados fueron: sorbitol, metilparabeno, goma xantana, lauril sulfato de sodio y propilenglicol.^{10,16}

Preparación de los especímenes

La secuencia de preparación se observa en la figura 1. Se utilizaron premolares humanos, los cuales se almacenaron a temperatura ambiente y en agua destilada. Se seccionaron las piezas dentales con el fin de conservar la parte coronal, que posteriormente fueron fijadas en resina acrílica.^{3,17}

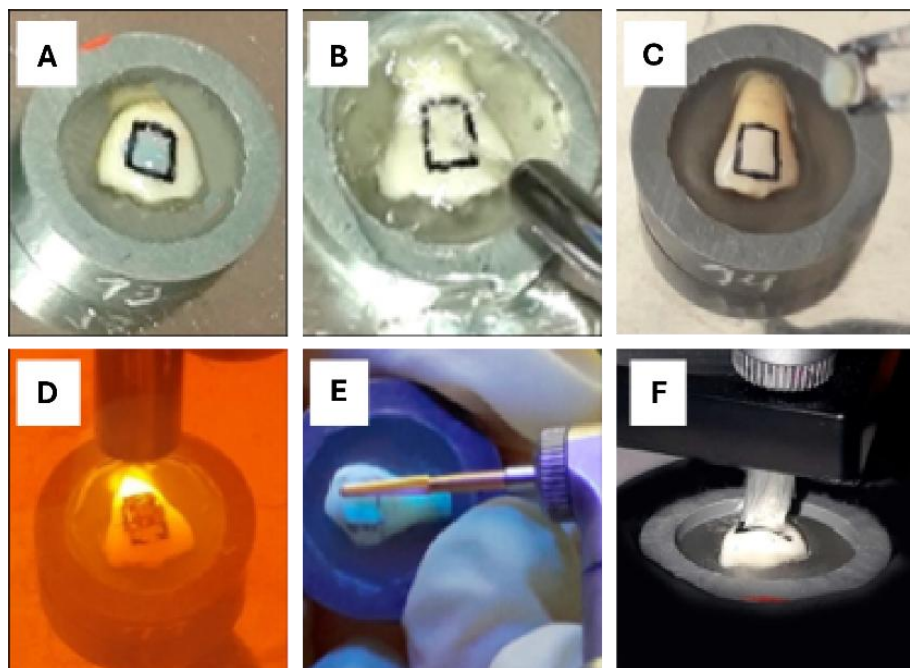


Figura 1. Preparación de muestras: A. Grabado del área de estudio; B. Lavado de la muestra; C. Cementado del bracket; D. Fotopolimerización; E. Eliminación de cemento ortodóntico residual posterior a remoción del bracket; F. Aplicación de pasta de pulido.

Fuente: por los autores.

Los especímenes obtenidos ($n = 90$) se distribuyeron aleatoriamente en nueve grupos según se detalla en la tabla 1. Se tomaron en cuenta tres grupos control: el primero, consistió en los especímenes antes del grabado ácido (C1); el segundo, consistió en aquellos especímenes posteriores a la remoción sin pulido final (C2); el tercero, consistió en especímenes pulidos con la pasta pulidora comercial Diamond Excel® (FGM Dental Group, Joinville, Brasil) con abrasivo diamantado.

Tabla 1. Distribución de grupos de estudio.

Nombre	Descripción
C1	Especímenes antes del grabado ácido
C2	Especímenes después de la remoción del cemento residual, sin pulido final
C3	Especímenes después de la remoción del cemento residual, con pulido final con pasta pulidora Diamond Excel®
G1	Especímenes pulidos con pasta a base de cáscara de huevo de codorniz con tamaño de partícula de 0,1 μm
G2	Especímenes pulidos con pasta a base de cáscara de huevo de codorniz con tamaño de partícula de 0,3 μm

G3	Especímenes pulidos con pasta a base de cáscara de huevo de codorniz con tamaño de partícula de 2 µm
G4	Especímenes pulidos con pasta a base de cáscara de huevo de gallina con tamaño de partícula de 0,1 µm
G5	Especímenes pulidos con pasta a base de cáscara de huevo de gallina con tamaño de partícula de 0,3 µm
G6	Especímenes pulidos con pasta a base de cáscara de huevo de gallina con tamaño de partícula de 2 µm

Fuente: por los autores.

Procedimiento de unión de brackets

Se realizó el protocolo de cementación en la cara vestibular de los premolares utilizando ácido fosfórico al 37 % (Maquira, Maringá, Brasil) por 30 s para el grabado. Se colocaron los brackets Slim Edgewise (Morelli, Sorocaba, Brasil) con el cemento ortodéntico FIX (Maquira, Maringá, Brasil), debido a sus propiedades fluorescentes a luz ultravioleta^{18,19}, y se fotopolimerizaron durante 40 s a una potencia de 1200 mW/cm² usando una lámpara iLED (Woodpecker, Guilin, China) con una longitud de onda de 460 nm.²⁰

Remoción de brackets

Después de 24 horas, los brackets se removieron cuidadosamente usando del método OG.²¹ El cemento ortodéntico residual fue eliminado con fresas de carburo de tungsteno con contra ángulo a baja velocidad (20000 rpm). La eliminación del cemento ortodéntico remanente se consideró completa cuando la superficie del esmalte ya no presentaba fluorescencia al ser iluminada con luz ultravioleta.¹⁹

Pulido de la superficie dental

El pulido con las pastas experimentales y la pasta comercial se realizó aplicando 0,1 ml de pasta con una escobilla profiláctica a una velocidad de 2500 rpm durante 10 s a una fuerza de 1,12 N.

Análisis de la rugosidad superficial

Se empleó un rugosímetro SJ210 (Mitutoyo, Sakado, Japón) el cual fue configurado con un punto de corte de 0,25 mm, extensión de lectura de 0,4 mm, fuerza de 5 N y velocidad de 0,5 mm/s.²² Se obtuvo la rugosidad media aritmética (Ra) de la superficie de todas las muestras de estudio, realizando tres mediciones por muestra.

Microscopía electrónica de barrido (MEB)

Para el análisis cualitativo de las superficies dentales, se seleccionó una muestra de esmalte de cada grupo para ser evaluada mediante un microscopio electrónico de barrido EM-30N (COXEM, Daejeon, Corea del Sur) con voltaje de 20 kV a 500 aumentos.²³ Las morfologías superficiales fueron evaluadas cualitativamente empleando los siguientes criterios: 1. Superficie aceptable con rayones finos dispersos; 2. Superficie medianamente rugosa, rayones finos más densos con rayones más gruesos; 3. Superficie rugosa, numerosos rayones gruesos sobre toda la superficie; 4. Rayones muy gruesos, rugosos y profundos sobre toda la superficie. Se llevaron a cabo pruebas estadísticas de Kruskal-Wallis, seguidas del test de Tukey para comparar los valores medios entre los grupos, con un nivel de significancia del 95 % ($p = 0,05$), con el software Stata® 17 (StataCorp LLC, Texas, EE.UU.).

Por ser un estudio in vitro, este fue revisado y recibió la aprobación del Comité de Ética en Investigación de la Universidad Privada de Tacna.

RESULTADOS

La caracterización por XRD del polvo obtenido de las cáscaras de huevo a los 10, 30 y 60 minutos de molienda, permitió observar que estos presentan los picos de difracción característicos de la estructura calcita que corresponde a un polimorfo del carbonato de calcio (CaCO₃), sin encontrar ningún otro compuesto adicional, como se observa en la figura 2. De cada difractograma, utilizando la ecuación de Scherrer, se obtuvieron los tamaños promedios de cristalito como se observa en la tabla 2.

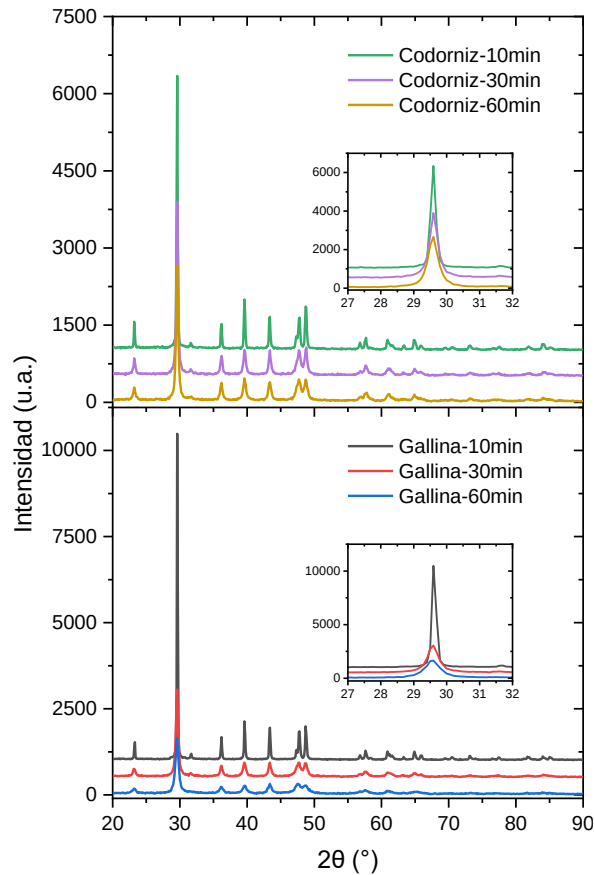


Figura 2. Difractogramas de las muestras de cáscara de huevo de gallina y codorniz para los diferentes tiempos de molienda.

Fuente: por los autores.

Tabla 2. Tamaño promedio y desviación estándar de cristalito de las muestras de cáscaras de huevo obtenido por XRD.

Tamaño promedio de cristalito ± SD (nm)		
	Codorniz	Gallina
10 min	118,50 ± 5,50	146,40 ± 5,50
30 min	38,90 ± 1,20	28,67 ± 0,83
60 min	30,56 ± 0,91	20,42 ± 0,77

Fuente: por los autores.

Los histogramas de distribución del tamaño de partícula en las muestras de cáscara molidas durante 10, 30 y 60 minutos fueron obtenidos por DLS (Figura 3). A partir de estos se calculó el tamaño promedio de partícula, cuyos resultados se muestran en la tabla 3.

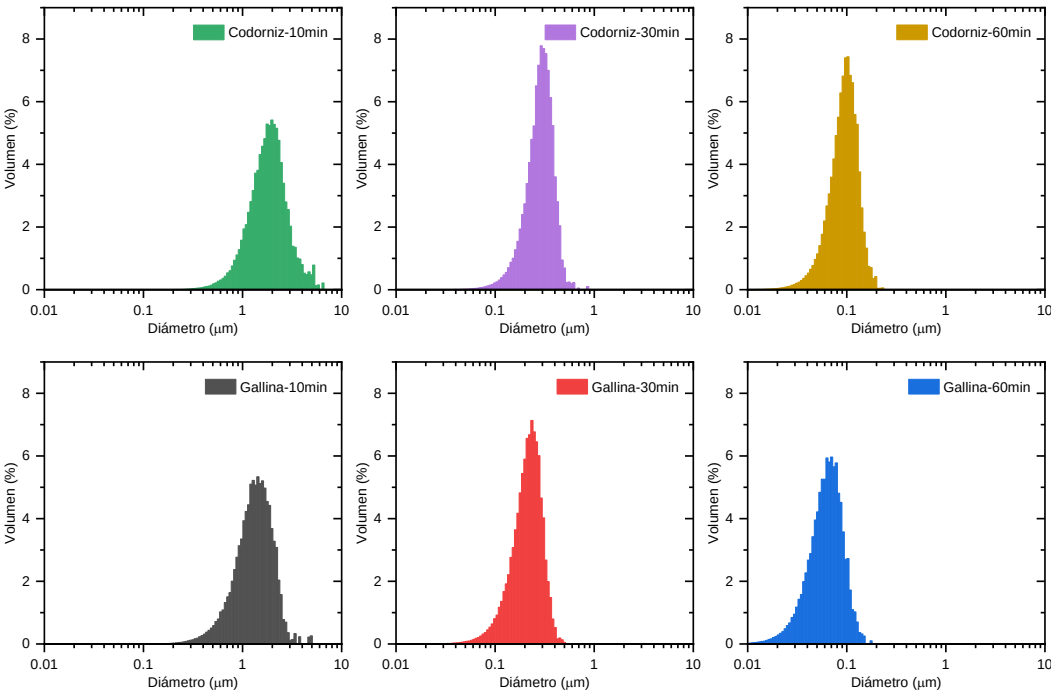


Figura 3. Distribución del tamaño de partícula en las muestras de cáscara de huevo de gallina y codorniz para los diferentes tiempos de molienda obtenidos por DLS.

Fuente: por los autores.

Tabla 3. Tamaño promedio de partícula de las muestras de cáscara de huevo obtenidos por DLS.

	Tamaño de partícula (nm)	
	Codorniz	Gallina
10 min	2802,8	2033,5
30 min	419,2	315,3
60 min	139,6	94,2

Fuente: por los autores.

La figura 4 muestra los valores de rugosidad aritmética promedio obtenido en cada grupo analizado. Inicialmente, el esmalte sin tratamiento (C1) registró una rugosidad mínima de $0,45 \pm 0,26 \mu\text{m}$. Tras la eliminación del cemento residual (C2), este parámetro aumentó a $0,78 \pm 0,37 \mu\text{m}$. No obstante, se observó una reducción posterior al emplear pastas pulidoras comerciales y experimentales. La pasta comercial Diamond Excel® (C3) redujo la rugosidad a $0,50 \pm 0,30 \mu\text{m}$. En el caso de las pastas experimentales con cáscara de huevo de codorniz, los resultados fueron: G1 = $0,60 \pm 0,28 \mu\text{m}$, G2 = $0,57 \pm 0,17 \mu\text{m}$ y G3 = $0,55 \pm 0,23 \mu\text{m}$. Por otro lado, las formulaciones con cáscara de huevo de gallina mostraron valores de rugosidad aún menores: G4 = $0,46 \pm 0,12 \mu\text{m}$, G5 = $0,52 \pm 0,16 \mu\text{m}$ y G6 = $0,47 \pm 0,12 \mu\text{m}$. Estos datos evidencian que ciertas pastas experimentales, particularmente G4 y G6, lograron niveles de rugosidad comparables o incluso inferiores al producto comercial.

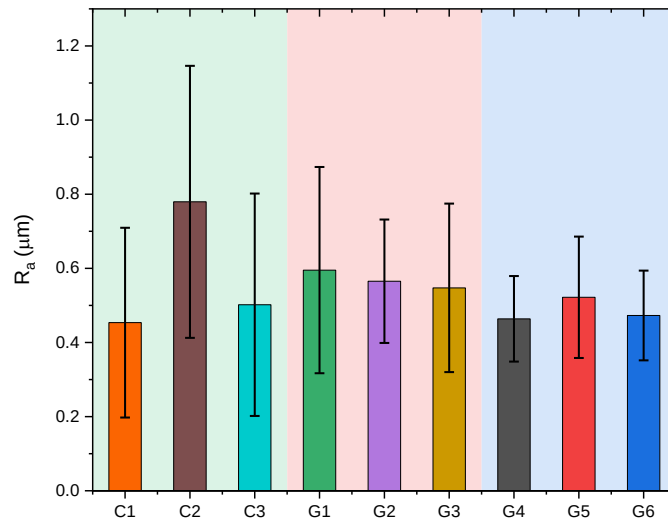


Figura 4. Rugosidad aritmética media (R_a) de los grupos de estudio.

Fuente: por los autores.

Se destaca que, entre las pastas experimentales, la pasta a base de cáscara de huevo de gallina (G4) presentó los valores más bajos de rugosidad. De los resultados de la prueba paramétrica de ANOVA de un factor, al comparar la rugosidad entre los grupos de pulido, se observó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos ($p > 0,05$). Sin embargo, al realizar el test de Tukey se pudo observar que la comparación de los grupos experimentales, frente al grupo C2, mostraron valores de p cercanos al nivel de significancia, como se aprecia en la tabla 4. Para todas las comparaciones entre los demás grupos, los valores p registrados fueron mayores a 0,915, lo cual denota una gran similitud entre ellos.

Tabla 4. Comparación entre los grupos experimentales frente al grupo C2 (especímenes sin pulido) mediante el test de Tukey.

Grupos		p
C2	C1	0,06541
	C3	0,19093
	G1	0,71707
	G2	0,52841
	G3	0,41712
	G4	0,08357
	G5	0,27817
	G6	0,10313

Fuente: por los autores.

Las micrografías MEB, que se observan en la figura 5, revelaron que todos los especímenes pulidos experimentaron una disminución efectiva en su rugosidad en comparación con el grupo control sin pulir. Los especímenes del grupo C1 presentaron una superficie de esmalte relativamente lisa con rayones finos dispersos, mientras que los del grupo C2 presentaron rayones gruesos paralelos dispuestos de manera regular. Así mismo, los especímenes del grupo C3 mostraron una superficie lisa con pequeñas irregularidades y rayones finos dispersos. Respecto a los grupos pulidos con las pastas

experimentales, el grupo G1 presentó una superficie con rayones finos densos, el grupo G2 mostró rayas paralelas finas dispuestas como líneas intermitentes en toda el área observada, y el grupo G3 presentó una superficie lisa con rayones finos dispersos, más finos que los del grupo G1. Por su parte, el grupo G4 presentó una superficie lisa con pequeñas irregularidades, en el grupo G5 se observaron rayones finos dispuestos de manera regular con pequeñas irregularidades, y el grupo G6 mostró rayones finos y densos.

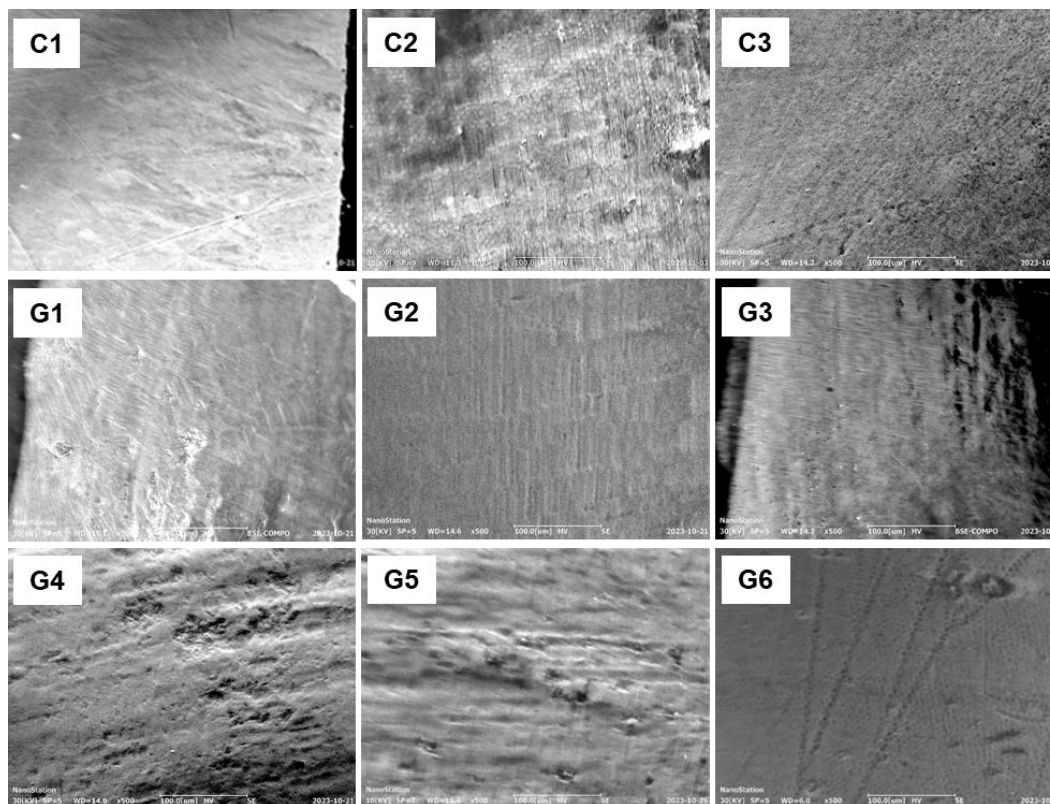


Figura 5. Micrografías MEB a 500x de los grupos evaluados.
Fuente: por los autores.

DISCUSIÓN

Se hizo la caracterización del polvo de cáscaras de huevo de gallina y codorniz a diferentes tamaños de partículas (0,1 μm , 0,3 μm y 2 μm), que fueron confirmados mediante DLS.^{14,15} En ese sentido, los resultados coinciden con los reportados por Onwubu et al.¹², quienes evaluaron la distribución del tamaño de partículas y fueron analizados por difracción láser, obteniendo un polvo superfino de 0,3 μm y 50 nm. Esto corrobora que el polvo de cáscaras de huevo a una escala micrométrica, conformados por carbonato de calcio, pueden ser usados como un recurso biodisponible dentro del campo odontológico, ya sea para injertos óseos, como en pastas dentales con acción antibacteriana y/o remineralizante, su integración en materiales de recubrimiento pulpar, entre otros.^{10-12,16,24-26}

La pasta pulidora experimental se realizó en diferentes tamaños de partículas (0,1 μm , 0,3 μm y 2 μm) de las cáscaras de huevo de gallina y codorniz, con el objetivo de determinar su efecto sobre la superficie del esmalte tras la remoción de brackets y cemento residual, demostrando que a nivel

cuantitativo no existen diferencias estadísticamente significativas entre las fuentes precursoras del polvo de cáscaras de huevo, es decir, ambos tipos tendrían una acción pulidora óptima.^{11-13,27,28} Además, Se observa que las diferencias entre el grupo C2 (muestras tras la eliminación del cemento residual sin pulido final) y los demás grupos, se acercan al umbral de significancia estadística ($p = 0,05$). Este hallazgo es coherente, dado que la remoción del cemento genera un aumento en la rugosidad superficial. Estos datos sugieren que las pastas experimentales elaboradas con cáscaras de huevo poseen una capacidad de pulido equivalente a la pasta diamantada comercial, logrando además restaurar la superficie del esmalte a niveles cercanos a su condición original sin tratamiento.

Respecto a la efectividad abrasiva en las pastas experimentales según el tamaño de partícula, en este estudio se estableció como control positivo a la pasta comercial diamantada Diamond Excel® con tamaños de partícula de 2-4 μm , compuesta principalmente por micro-diamante como abrasivo, así como lubricantes, espesantes y emulsionantes. El micro-diamante es reconocido ampliamente como un compuesto de pulido para reducir la rugosidad superficial de composites y restauraciones cerámicas, con el que se obtienen superficies lisas y brillantes, además de disminuir la retención de biofilm.^{29,30} La comparación permitió destacar que los especímenes tratados con la pasta a base de cáscara de huevo de gallina, con un tamaño de partícula de 0,1 μm (G4), obtuvieron una rugosidad relativamente baja ($0,46 \pm 0,12 \mu\text{m}$), similar a la obtenida con la pasta comercial ($0,50 \pm 0,30 \mu\text{m}$), que a su vez son similares al esmalte dental en su estado inicial ($0,45 \pm 0,26 \mu\text{m}$); estos resultados concuerdan con otros estudios que demostraron que las partículas finas de cáscaras de huevo de gallina de 0,3 μm redujo la rugosidad en otro tipo de superficies, como de resinas de PMMA y resinas acrílicas, otorgando superficies pulidas mejoradas y aceptables.¹¹⁻¹³

Con relación al análisis cualitativo de las micrografías obtenidas, se pudo observar el cambio en la superficie del esmalte tras el pulido con las pastas experimentales. En particular, los grupos C3, G3 y G4 presentaron una superficie lisa con rayones finos dispersos, similar al estudio de Onwubu et al.¹³

Por tanto, este estudio demostró que, a tamaños nanométricos, las cáscaras de huevo de gallina y codorniz, logran una actividad abrasiva óptima para su incorporación en pastas de pulido, entre otras aplicaciones comprobadas.^{10,13}

CONCLUSIONES

Las pastas pulidoras experimentales desarrolladas a base de cáscaras de huevo de gallina y codorniz, en sus tres variantes granulométricas (0,1 μm , 0,3 μm y 2 μm), demostraron efectividad en la disminución de la rugosidad del esmalte dental posterior a la descementación de brackets. Ambos tipos de formulaciones exhibieron un desempeño equivalente entre sí, alcanzando un pulido superficial de relevancia clínica comparable al logrado con la pasta diamantada Diamond Excel®. Además, los resultados obtenidos se aproximaron a los valores de rugosidad del esmalte en su condición natural, posicionando a estas alternativas basadas en residuos orgánicos como opciones sostenibles y ambientalmente responsables para procedimientos odontológicos de pulido.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

ALPC: Curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, recursos, software, redacción (borrador original).

KHM: Investigación, supervisión, validación, redacción (borrador original), redacción (revisión y edición).

LDCRL: Conceptualización, investigación, metodología, administración del proyecto, supervisión, validación, redacción (revisión y edición).

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

AUTOR DE CORRESPONDENCIA

Angela Luisa Pariona-Calisaya
angepariona25@gmail.com
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Privada de Tacna
Tacna, Perú

REFERENCIAS

1. Mora Pérez CC, Álvarez Mora I, Blanco Hernández A, Gómez Ortiz ME. Desarrollo de la ortodoncia en la provincia Cienfuegos. *MediSur*. 2018; 16(2): 309-21.
2. Quirós O. Introducción a la ortodoncia. *Acta odontol Venez*. 2004; 42(3): 230-1.
3. Ferreira JTL, Borsatto MC, Saraiva MCP, Matsumoto MAN, Torres CP, Romano FL. Evaluation of enamel roughness in vitro after orthodontic bracket debonding using different methods of residual adhesive removal. *Turk J Orthod*. 2020; 33(1): 43-51. DOI: <http://doi.org/10.5152/TurkJOrthod.2020.19016>
4. Stadler O, Dettwiler C, Meller C, Dalstra M, Verna C, Connert T. Evaluation of a Fluorescence-aided Identification Technique (FIT) to assist clean-up after orthodontic bracket debonding. *Angle Orthod*. 2019; 89(6): 876-82. DOI: <http://doi.org/10.2319/100318714.1>
5. Bertoldo C, Lima D, Fragoso L, Ambrosano G, Aguiar F, Lovadino J. Evaluation of the effect of different methods of microabrasion and polishing on surface roughness of dental enamel. *Indian J Dent Res*. 2014; 25(3): 290-3. DOI: <http://doi.org/10.4103/0970-9290.138308>
6. Tungare S, Paranjpe AG. Teeth polishing. En: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024.
7. Milbradt BG, Müller ALH, Silva JS, Lunardi JR, Milani LIG, Flores ÉMM, et al. La cáscara de huevo como fuente de calcio para el ser humano: composición mineral y análisis microbiológico. *Cienc Rural*. 2015; 45(3): 560-6. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140532>
8. Onwubu SC, Mdluli PS, Singh S, Nyembe S, Thakur R. Evaluating the abrasivity of a nanosized eggshell-titanium dioxide on tooth enamel using atomic force microscopy. *Eur J Dent*. 2020; 14(4): 598-604. DOI: <http://doi.org/10.1055/s-0040-1714172>
9. Valian A, Ansari ZJ, Rezaie MM, Askian R. Composite surface roughness and color change following airflow usage. *BMC Oral Health*. 2021; 21(1): 398-404. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01745-3>
10. Mayta-Tovalino F, Fernández-Giusti A, Del Pino J, Alvitez-Temoche D, Mendoza R, Temoche A, et al. Formulation and development of an experimental polishing paste with antimicrobial activity based on Coturnix coturnix (codorniz) eggshell. *Int J Dent*. 2021; 2021(1): 9998989. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/9998989>
11. Mayta-Tovalino F, Fernandez-Giusti A, Mauricio-Vilchez C, Barja-Ore J, Guerrero ME, Retamozo-Siancas Y. The abrasive and remineralising efficacy of Coturnix eggshell. *Int Dent J*. 2022; 72(6): 792-6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.identj.2022.06.029>
12. Onwubu SC, Vahed A, Singh S, Kanny KM. Physicochemical characterization of a dental eggshell powder abrasive material. *J Appl Biomater Funct Mater*. 2017; 15(4): e341-6. DOI: <https://doi.org/10.5301/jabfm.5000361>

13. Onwubu SC, Vahed A, Singh S, Kanny KM. Reducing the surface roughness of dental acrylic resins by using an eggshell abrasive material. *J Prosthet Dent.* 2017; 117(2): 310-4.
14. Suryanarayana C. Mechanical alloying and milling. *Prog Mater Sci.* 2001; 46(1-2): 1-184. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0079-6425\(99\)00010-9](https://doi.org/10.1016/S0079-6425(99)00010-9)
15. Ononiwu NH, Akinlabi ET. Effects of ball milling on particle size distribution and microstructure of eggshells for applications in metal matrix composites. *Mater Today.* 2020; 26(part 2): 1049-53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.209>
16. Huamán-Mujica K, Castañeda-Vía J, Bermúdez García VS, Dominguez JA, Landauro CV, Quispe-Marcatoma J, et al. Dentinal tubules obliteration using a toothpaste with nano-hydroxyapatite obtained from chicken eggshell. *J Stomatol.* 2022; 75(3): 147-54. DOI: <https://doi.org/10.5114/jos.2022.119082>
17. Degrazia FW, Genari B, Ferrazzo VA, Santos-Pinto AD, Grehs RA. Enamel roughness changes after removal of orthodontic adhesive. *Dent J.* 2018; 6(3): 39. DOI: <http://doi.org/10.3390/dj6030039>
18. Prylińska-Czyżewska A, Maciejewska-Szaniec Z, Olszewska A, Polichnawska M, Grabarek BO, Dudek D, et al. Comparison of bond strength of orthodontic brackets onto the tooth enamel of 120 freshly extracted adult bovine medial lower incisors using 4 adhesives: a resin-modified glass ionomer adhesive, a composite adhesive, a liquid composite adhesive, and a one-step light-cured adhesive. *Med Sci Monit.* 2022; 28: e938867. DOI: <http://doi.org/10.12659/MSM.938867>
19. Schott TC, Meller C. A new Fluorescence-aided Identification Technique (FIT) for optimal removal of resin-based bracket bonding remnants after orthodontic debonding. *Quintessence Int.* 2018; 49(10): 809-13. DOI: <https://doi.org/10.3290/j.qi.a41171>
20. Shah P, Sharma P, Goje SK, Kanzariya N, Parikh M. Comparative evaluation of enamel surface roughness after debonding using four finishing and polishing systems for residual resin removal-an in vitro study. *Prog Orthod.* 2019; 20(18). DOI: <http://doi.org/10.1186/s40510-019-0269-x>
21. Dalaie K, Fatemi SM, Behnaz M, Ghaffari S, Hemmatian S, Soltani AD. Effect of different debonding techniques on shear bond strength and enamel cracks in simulated clinical set-ups. *J World Fed Orthod.* 2020; 9(1): 18-24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2019.11.003>
22. Guerra Silva B, Pereira R, Burga Sánchez J, Guanipa Ortiz MI, Baggio-Aguiar FH, Leite Lima DAN. Effect of different bleaching gels thickeners on cytotoxicity to human gingival fibroblasts and enamel physical properties: an in situ study. *Acta Stomatol Croat.* 2022; 56(4): 363-75. DOI: <https://doi.org/10.15644/asc56/4/3>
23. Thys DG, Martins FRP, Cardinal L, Ribeiro GLU. In vitro enamel surface roughness analysis of 4 methods for removal of remaining orthodontic adhesive after bracket debonding. *Angle Orthod.* 2023; 93(2): 213-21. DOI: <https://doi.org/10.2319/031722-227.1>
24. Shang B, Wang S, Lu L, Ma H, Liu A, Zupanic A, et al. Poultry eggshell-derived antimicrobial materials: current status and future perspectives. *J Environ Manage.* 2022; 314: 115096. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115096>
25. Nabil Sulyiman S, El-Rashidy AA, El Moshay S, Abbas MMS, Waly G. Nano eggshell-based slurry as a direct pulp-capping material: In vitro characterization and histopathological assessment in an experimental animal model. *Int Endod J.* 2023; 56(9): 1129-46. DOI: <http://doi.org/10.1111/iej.13949>
26. Kattimani VS, Lingamaneni KP, Kreedapathi GE, Kattappagari KK. Socket preservation using eggshell-derived nanohydroxyapatite with platelet-rich fibrin as a barrier membrane: a new technique. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2019; 45(6): 332-42. DOI: <http://doi.org/10.5125/jkaoms.2019.45.6.332>
27. Saita K, Nagaoka S, Shirosaki T, Horikawa M, Ihara H. Dispersible chitosan particles showing bacteriostatic effect against *Streptococcus mutans* and their dental polishing effect. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2020; 84(6): 1265-73. DOI: <http://doi.org/10.1080/09168451.2020.1723402>
28. Gaikwad RM, Sokolov I. Silica nanoparticles to polish tooth surfaces for caries prevention. *J Dent Res.* 2008; 87(10): 980-3. DOI: <http://doi.org/10.1177/154405910808701007>
29. Scheibe KGBA, Almeida KGB, Medeiros IS, Costa JF, Alves CMC. Effect of different polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. *J Appl Oral Sci.* 2009; 17(1): 21-6. DOI: <http://doi.org/10.1590/s1678-77572009000100005>
30. Vieira AC, Oliveira MCS, Lima EMCX, Rambob I, Leite M. Evaluation of the surface roughness in dental ceramics submitted to different finishing and polishing methods. *J Indian Prosthodont Soc.* 2013; 13(3): 290-5. DOI: <http://doi.org/10.1007/s13191-013-0261-y>