



Facultad Ciencias de la salud

Posgrado de Rehabilitación Oral y Prótesis Implanto Asistida

Tema:

Influencia de los procesos de ajuste y pulido clínico sobre la estabilidad de color en restauraciones de zirconio expuestas a café. Un estudio in vitro

Tesis para la obtención del Título de “Especialista en Rehabilitación Oral y Prótesis Implanto Asistida”

Presentado por:

Stefany Andrea Viteri Salas

Tutor:

Dra. Julieta Tavares

Quito, enero de 2026

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia de dos sistemas de pulido clínico (OptraGloss y EVE Diapol) sobre la estabilidad del color en restauraciones de zirconio monolítico multicapas expuestas a café tras procedimientos de ajuste mecánico, determinando cuál protocolo ofrece mejor resistencia a la pigmentación. Para ello se desarrolló un estudio experimental *in vitro* longitudinal con treinta discos de zirconio distribuidos aleatoriamente en tres grupos (glaseado, ajuste + OptraGloss y ajuste + EVE), en los cuales se realizaron mediciones colorimétricas en los tiempos inicial (T1), post-pulido (T2) y post-tinción (T3) mediante espectrofotometría CIELab. Los grupos con ajuste recibieron un desgaste controlado con fresa de diamante y posteriormente un pulido específico según el sistema asignado, mientras que el grupo control permaneció únicamente glaseado; todos los especímenes fueron sumergidos durante siete días en café a 37 °C con recambios diarios de la solución para estandarizar la tinción. Las variaciones cromáticas se cuantificaron mediante los índices ΔE_{12} , ΔE_{23} y ΔE_{13} , y se aplicaron pruebas estadísticas no paramétricas. El resultado principal mostró diferencias significativas entre tratamientos: el grupo glaseado presentó la mayor susceptibilidad a la tinción (ΔE_{23} promedio ≈ 14), mientras que los grupos pulidos mostraron menores variaciones, destacando EVE Diapol como el sistema con mejor desempeño ($\Delta E_{23} \approx 5$), lo que indica una superficie menos pigmentable y más estable cromáticamente. Aunque ΔE_{12} fue mayor en los grupos pulidos debido al efecto del ajuste, este cambio inicial no comprometió la estabilidad final del color; por el contrario, el pulido redujo significativamente el manchado posterior. Las conclusiones generales establecen que el acabado superficial es determinante para la estabilidad del color en zirconio; que el glaseado sin pulido es la condición más vulnerable frente a agentes cromógenos; y que los protocolos de pulido clínico, especialmente EVE Diapol, ofrecen

mayor protección frente al manchado por café, por lo que deben considerarse indispensables tras cualquier ajuste intraoral en restauraciones cerámicas.

Palabras clave: ZIRCONIO MONOLÍTICO, ESTABILIDAD DE COLOR, PULIDO CLÍNICO, TINCIÓN POR CAFÉ, ΔE , REHABILITACIÓN ORAL.

Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Stefany Andrea Viteri Salas

CI: 1721786273

Dedicatoria

A mi hijo Daniel, el amor de mi vida, mi mayor fuente de inspiración y motivación, su amor y compañía guiaron cada paso de este camino.

A mis padres, Galo y Adriana, sin su apoyo, compañía, guía y soporte, esto no hubiera sido posible. Son la muestra más real del amor incondicional, gracias por todo.

A mi hermano Fernando, mi cuñada Katy, y mi sobrino Emi, gracias siempre por su apoyo incondicional, sus palabras de motivación y cariño, y por estar presentes en cada paso.

A mis amigos, compañeros y maestros, todos forman parte de este logro y llevan un espacio muy especial en mi corazón y memoria.

Índice

Resumen.....	2
Declaración de aceptación de norma ética y derechos.....	4
Dedicatoria.....	5
Resumen.....	10
Abstract.....	11
Introducción.....	12
Metodología.....	14
Resultados.....	22
Discusión.....	36
Conclusiones.....	38
Referencias.....	40

Índice de Figuras

Figura 1. Diseño en exocad de los discos	15
Figura 2. Resultado de las muestras tras el proceso de fresado, sinterizado y glaseado.....	15
Figura 3. Separación de las muestras en 3 grupos	16
Figura 4. Ajuste inicial con fresa de diamante a 20.000 rpm.....	17
Figura 5. Sistema de pulido Optragloss	18
Figura 6. Pulido de las muestras con sistema Optragloss a 8.000 rpm	18
Figura 7. Sistema de pulido Eve Diapol.....	19
Figura 8. Pulido de las muestras con el sistema Eve a 8.000 rpm	19
Figura 9. Muestras en recipientes sellados colocados en incubadora a 37°C	20
Figura 10. Datos que se obtienen en el espectrofotómetro	21
Figura 11. Soporte para estandarización de la toma de color	22

Índice de Tablas

Tabla 1. Diseño general del estudio.....	16
Tabla 2. Descripción comparativa de los protocolos de pulido aplicados en los Grupos 2 y 3	19
Tabla 3.1. Valores colorimétricos L, a, b en T1, T2 y T3 para cada muestra y grupo 1.....	22
Tabla 3.2. Valores colorimétricos L, a, b en T1, T2 y T3 para cada muestra y grupo 2.....	23
Tabla 3.3. Valores colorimétricos L, a, b en T1, T2 y T3 para cada muestra y grupo 3.....	23
Tabla 4. Prueba de normalidad Shapiro – Wilk para los índices ΔE por grupo ($p > 0,05$) ..	24
Tabla 5. Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para los índices ΔE	25
Tabla 6. Resumen de medias, desviaciones estándar y valores atípicos en los índices ΔE	25
Tabla 7. Estadísticos descriptivos de L, a y b en T1, T2 y T3 por grupo	27
Tabla 8. Estadísticos descriptivos de ΔE en cada grupo	28
Tabla 9. Resultados de Kruskal–Wallis para los índices ΔE	29
Tabla 10. Comparaciones post hoc de Dunn (p ajustado).....	30
Tabla 11. Resultados de Friedman por grupo	31

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Evolución de L (luminosidad)	31
Gráfico 2. Evolución de a (rojo – verde)	33
Gráfico 3. Evolución de b (amarillo – azul).....	34
Gráfico 4. Diagrama de cajas y bigotes ΔE_{23} : T2–T3 tras inmersión.....	35

INFLUENCIA DE LOS PROCESOS DE AJUSTE Y PULIDO CLÍNICO SOBRE LA ESTABILIDAD DE COLOR EN RESTAURACIONES DE ZIRCONIO EXPUESTAS A CAFÉ. UN ESTUDIO IN VITRO

Stefany Andrea Viteri Salas

saviteris93@hotmail.com

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia de dos sistemas de pulido clínico (OptraGloss y EVE Diapol) sobre la estabilidad del color en restauraciones de zirconio monolítico multicapas expuestas a café tras procedimientos de ajuste mecánico, determinando cuál protocolo ofrece mejor resistencia a la pigmentación. Para ello se desarrolló un estudio experimental in vitro longitudinal con treinta discos de zirconio distribuidos aleatoriamente en tres grupos (glaseado, ajuste + OptraGloss y ajuste + EVE), en los cuales se realizaron mediciones colorimétricas en los tiempos inicial (T1), post-pulido (T2) y post-tinción (T3) mediante espectrofotometría CIELab. Los grupos con ajuste recibieron un desgaste controlado con fresa de diamante y posteriormente un pulido específico según el sistema asignado, mientras que el grupo control permaneció únicamente glaseado; todos los especímenes fueron sumergidos durante siete días en café a 37 °C con recambios diarios de la solución para estandarizar la tinción. Las variaciones cromáticas se cuantificaron mediante los índices ΔE_{12} , ΔE_{23} y ΔE_{13} , y se aplicaron pruebas estadísticas no paramétricas. El resultado principal mostró diferencias significativas entre tratamientos: el grupo glaseado presentó la mayor susceptibilidad a la tinción (ΔE_{23} promedio ≈ 14), mientras que los grupos pulidos mostraron menores variaciones, destacando EVE Diapol como el sistema con mejor desempeño ($\Delta E_{23} \approx 5$), lo que indica una superficie menos pigmentable y más estable cromáticamente. Aunque ΔE_{12} fue mayor en los grupos pulidos debido al efecto

del ajuste, este cambio inicial no comprometió la estabilidad final del color; por el contrario, el pulido redujo significativamente el manchado posterior. Las conclusiones generales establecen que el acabado superficial es determinante para la estabilidad del color en zirconio; que el glaseado sin pulido es la condición más vulnerable frente a agentes cromógenos; y que los protocolos de pulido clínico, especialmente EVE Diapol, ofrecen mayor protección frente al manchado por café, por lo que deben considerarse indispensables tras cualquier ajuste intraoral en restauraciones cerámicas.

Palabras clave: ZIRCONIO MONOLÍTICO, ESTABILIDAD DE COLOR, PULIDO CLÍNICO, TINCIÓN POR CAFÉ, ΔE , REHABILITACIÓN ORAL

Abstract

The aim of this study was to evaluate the influence of two clinical polishing systems (OpraGloss and EVE Diapol) on the color stability of multilayer monolithic zirconia restorations exposed to coffee after mechanical adjustment procedures, determining which protocol offers better resistance to pigmentation. A longitudinal in vitro experimental study was conducted using thirty zirconia discs randomly distributed into three groups (glazed, adjustment + OpraGloss, and adjustment + EVE). Colorimetric measurements were taken at the initial stage (T1), after polishing (T2), and after staining (T3) using a CIELab spectrophotometric system. The adjusted groups underwent controlled wear with an ultrafine diamond bur followed by the assigned polishing protocol, whereas the control group remained only glazed. All specimens were immersed in coffee at 37 °C for seven days, with daily solution changes to standardize the staining process. Color variations were quantified using the ΔE_{12} , ΔE_{23} , and ΔE_{13} indices, and non-parametric statistical tests were applied. The main finding showed significant differences between treatments: the glazed group exhibited the highest susceptibility to staining (average $\Delta E_{23} \approx 14$), while the polished groups displayed

lower variations, with EVE Diapol showing the best performance ($\Delta E_{23} \approx 5$), indicating a less stain-prone and more color-stable surface. Although ΔE_{12} was higher in the polished groups due to the effect of mechanical adjustment, this initial change did not compromise final color stability; on the contrary, polishing significantly reduced subsequent staining. Overall conclusions indicate that surface finishing plays a decisive role in the color stability of zirconia; that glazing alone is the most vulnerable condition against chromogenic agents; and that clinical polishing protocols—particularly EVE Diapol—provide greater protection against coffee-induced staining, making them essential following any intraoral adjustment of ceramic restorations.

Keywords: MONOLITHIC ZIRCONIA, COLOR STABILITY, CLINICAL POLISHING, COFFEE STAINING, ΔE , ORAL REHABILITATION.

Introducción

Las restauraciones de zirconio monolítico se han consolidado en la odontología contemporánea como una alternativa confiable frente a las restauraciones estratificadas, debido a su alta resistencia mecánica, biocompatibilidad y facilidad de confección mediante sistemas CAD/CAM (Saker y Özcan, 2020). La introducción de zirconias de mayor translucidez y versiones multicapa, ha permitido ampliar su uso en zonas estéticas (Lunkad, et al, 2025) dado que la demanda por materiales estéticos capaces de imitar los dientes naturales ha ido creciendo exponencialmente.

Sin embargo, el éxito clínico de las restauraciones no depende únicamente de su resistencia mecánica, sino también de su estabilidad cromática a lo largo del tiempo, dado que la satisfacción del paciente está estrechamente ligada al mantenimiento del color original (Soares, et al., 2024).

Soares, et al., 2024, mencionan que diversos factores pueden influir en la estabilidad de color de la zirconia, entre estos intrínsecos como la composición y microestructura; y extrínsecos como los hábitos alimenticios, agentes de higiene oral y bebidas pigmentantes. Entre estas últimas, el café se ha identificado como uno de los agentes cromógenos más potentes y de mayor consumo a nivel mundial, capaz de producir alteraciones perceptibles que comprometen la aceptación clínica de las restauraciones (Saker y Özcan, 2020).

Independientemente de la precisión que se obtiene mediante la fabricación de restauraciones CAD/CAM, frecuentemente son necesarios ciertos ajustes en las restauraciones finales para adaptar los contactos oclusales e interproximales (Incesu, 2020). Debido a la dureza de la zirconia, dichos ajustes son realizados con fresas diamantadas que pueden inducir la formación de microcracks y el aumento de la rugosidad superficial del material, lo que predispone a la acumulación de placa y puede afectar los resultados estéticos de la restauración a largo plazo (Vila-Nova, 2020).

Con el fin de reducir la rugosidad y rayones en la superficie causados por el desgaste, se recomienda llevar a cabo procedimientos de acabado y pulido clínico que permitan restablecer la suavidad y brillo de la restauración (Kanat – Erturk, 2019 como se citó en Soares, 2024).

Un acabado deficiente puede comprometer el desempeño a largo plazo de las restauraciones, incrementando su susceptibilidad a pigmentaciones y desgastes (Preis 2012, como se citó en Soares,2024).

Por el contrario, protocolos adecuados de pulido podrían disminuir la rugosidad superficial, mejorar la interacción con la luz y reducir la adhesión de pigmentos, asegurando así resultados estéticos más duraderos (Lunkad, et al., 2025) y dado que el café es una de las bebidas más consumidas a nivel mundial y un agente conocido por su capacidad de alterar el color de materiales dentales (Santos, 2017 como se citó en Saker, 2020), resulta importante

realizar estudios in vitro que permitan comparar el efecto de distintos protocolos de pulido clínico sobre la estabilidad de color del zirconio monolítico expuesto a estas sustancias.

Los hallazgos derivados de esta investigación aportarán evidencia científica útil para la toma de decisiones clínicas en cuanto a los protocolos de acabado y pulido clínico en odontología restauradora y rehabilitación oral, optimizando la satisfacción a largo plazo de los pacientes.

Frente a lo expuesto, este estudio pretende evaluar la influencia de dos sistemas de pulido utilizados en consulta sobre la estabilidad del color en restauraciones de zirconio sometidas a inmersión prolongada en café, tras procesos de ajuste clínico.

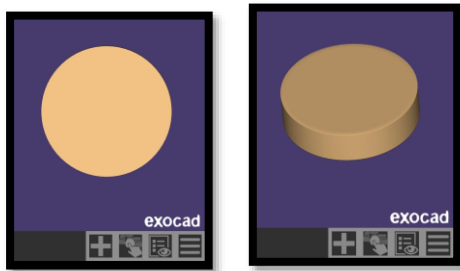
Metodología

El presente estudio se planteó bajo un diseño experimental in vitro de tipo longitudinal, con el propósito de evaluar las variaciones de color en zirconio monolítico multicapa sometida a diferentes tratamientos superficiales. Este tipo de diseño permite controlar rigurosamente las condiciones experimentales y analizar de forma comparativa los cambios cromáticos ocurridos en tres momentos definidos: tras la obtención inicial de las muestras (T1), después del proceso de pulido o glaseado (T2) y una vez finalizada la exposición controlada a una solución de café (T3). La estructura experimental se organizó considerando el comportamiento clínico real, ofreciendo un entorno reproducible para evaluar la estabilidad cromática de cada intervención.

Para garantizar uniformidad en las condiciones iniciales, se utilizaron treinta discos de zirconio monolítico multicapa (Aidite), todos con un diámetro de 10 mm y un espesor de 2 mm. Estas dimensiones y el material empleado reflejan estándares utilizados en estudios previos de colorimetría y resistencia al manchado, asegurando que las variaciones observadas se atribuyan al tratamiento de superficie y no a diferencias en las muestras. Los discos fueron

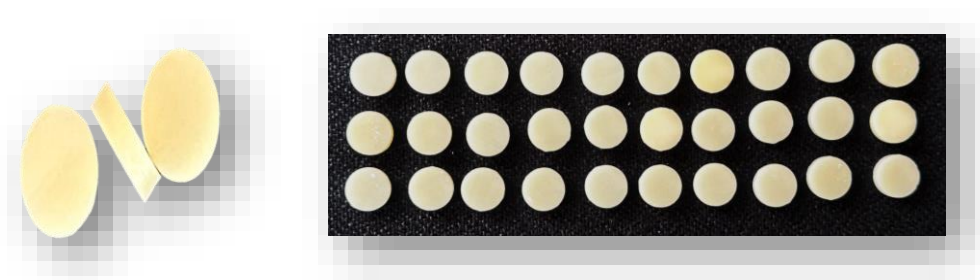
diseñados mediante el programa Exocad tomando en cuenta las medidas antes mencionadas y posteriormente fresados. Cada disco fue inspeccionado previamente para asegurar ausencia de defectos visibles y así mantener la homogeneidad del conjunto experimental.

Figura 1. Diseño en exocad de los discos



Las muestras fueron asignadas aleatoriamente a tres grupos experimentales, cada uno conformado por diez unidades ($n = 10$). Esta distribución equitativa permite comparar con validez estadística los efectos de cada tratamiento. El Grupo 1 incluyó discos sometidos únicamente a glaseado, sin ningún tipo de ajuste mecánico posterior, replicando la condición clínica de una restauración terminada sin modificaciones adicionales. Los Grupos 2 y 3, en cambio, fueron sometidos a un ajuste mecánico con fresa de diamante de grano ultrafino durante diez segundos, simulando un ajuste oclusal o proximal habitual. Luego, cada grupo recibió un protocolo específico de pulido: OpraGloss en el Grupo 2 y EVE Diapol en el Grupo 3. Esta diferenciación permite analizar si el sistema de pulido influye en la estabilidad cromática durante el tiempo.

Figura 2. Resultado de las muestras tras el proceso de fresado, sinterizado y glaseado.



La estructura del diseño experimental se resume en la Tabla 1, en la que se presentan los tres grupos, el tamaño muestral y los procedimientos aplicados. La claridad en la distribución de protocolos permite entender de manera ordenada la secuencia de intervenciones, lo cual resulta crucial para interpretar los resultados obtenidos posteriormente.

Tabla 1. Diseño general del estudio

Grupo	Procedimiento	Descripción resumida
Grupo 1	0 Solo glaseado	No recibe ajustes ni pulido posterior.
Grupo 2	0 Ajuste + OptraGloss	Ajuste mecánico + sistema de pulido OptraGloss (2 pasos).
Grupo 3	0 Ajuste + EVE Diapol	Ajuste mecánico + sistema EVE Diapol (3 pasos).

Este diseño experimental proporciona una estructura sólida para comparar de manera controlada cómo distintos tratamientos de superficie influyen en el comportamiento cromático del zirconio tras la exposición a un agente pigmentante. Al establecer grupos claramente diferenciados y condiciones reproducibles, el estudio permite atribuir las variaciones del color a los procedimientos aplicados. Con esta base metodológica, el siguiente apartado detalla los procedimientos de ajuste, pulido y tinción utilizados antes de proceder al análisis colorimétrico.

Figura 3. Separación de las muestras en 3 grupos



El comportamiento cromático del zirconio está directamente relacionado con la rugosidad, el acabado superficial y la estabilidad frente a agentes pigmentantes; por ello, la estandarización y la descripción detallada de los protocolos de ajuste, pulido y tinción permiten interpretar adecuadamente los cambios observados en las mediciones posteriores.

En los Grupos 2 y 3, las muestras previamente glaseadas, fueron sometidas inicialmente a un ajuste mecánico utilizando una fresa de diamante de grano ultrafino durante 10 segundos. Este procedimiento buscó simular un ajuste clínico rutinario, a 20.000 rpm manteniendo una presión ligera y un movimiento constante para evitar sobrecalentamiento o desgaste excesivo del material. El ajuste mecánico es un factor conocido por incrementar la rugosidad superficial del zirconio, motivo por el cual su posterior tratamiento con sistemas de pulido adecuados es esencial para evaluar su protección frente al manchado.

Figura 4. Ajuste inicial con fresa de diamante a 20.000 rpm



A continuación, cada grupo recibió un sistema específico de pulido siguiendo estrictamente las indicaciones del fabricante. El Grupo 2 fue tratado con el sistema OpraGloss (Ivoclar), el cual consta de dos pulidores: un disco azul oscuro destinado al pre-pulido y un disco azul claro para alcanzar un pulido de alto brillo. La velocidad máxima empleada fue de 10.000 rpm, replicando condiciones clínicas recomendadas. Este sistema tiene un recubrimiento de grado de diamante y es conocido por su versatilidad para restauraciones cerámicas y de composite, este estudio buscó evaluar si su protocolo de dos pasos provee suficiente alisado para disminuir la susceptibilidad al manchado.

Figura 5. Sistema de pulido Optragloss



Figura 6. Pulido de las muestras con sistema Optragloss a 8.000 rpm



El Grupo 3 fue tratado con el sistema EVE Diapol, diseñado específicamente para restauraciones de zirconio. Este sistema emplea tres pulidores recubiertos con partículas de diamante: uno celeste para suavizado, uno rosado para pre-pulido y uno gris para alto brillo. La velocidad aplicada fue de 8.000 rpm, ya que la velocidad recomendada por el fabricante es de 7.000 a 12.000 rpm, para garantizar una optimización progresiva de la textura superficial. La secuencia de tres pasos de este sistema busca generar superficies más homogéneas, lo cual podría influir favorablemente en la resistencia al manchado.

Figura 7. Sistema de pulido Eve Diapol

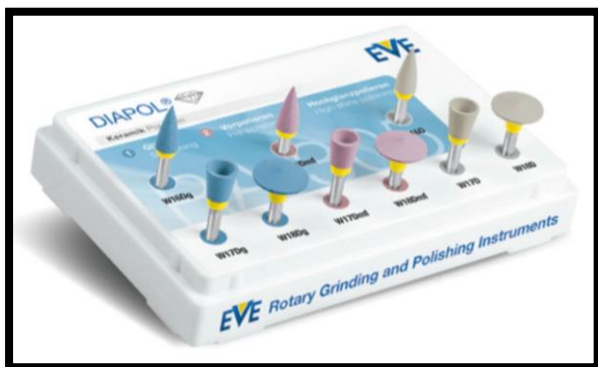


Figura 8. Pulido de las muestras con el sistema Eve a 8.000 rpm



El Grupo 1, por otro lado, no fue sometido a ningún tipo de ajuste ni pulido posterior al glaseado, conservando la superficie tal como queda tras el proceso de cocción final. Esta condición permite comparar el desempeño del zirconio sin alteraciones mecánicas frente a los protocolos de pulido aplicados en los grupos experimentales.

Tabla 2. Descripción comparativa de los protocolos de pulido aplicados en los Grupos 2 y 3

Característica	OptraGloss (Grupo 2)	EVE Diapol (Grupo 3)
Número de pasos	2	3
Tipo de pulidores	Pre-pulido y alto brillo	Suavizado, pre-pulido, alto brillo
Material abrasivo	Diamante	Diamante
Velocidad de uso	Hasta 10.000 rpm	7.000 - 12.000 rpm
Indicación principal	Composite y cerámica	Zirconio
Objetivo del acabado	Brillo rápido en dos etapas	Mayor homogenización superficial

Una vez completados los tratamientos de superficie, todas las muestras fueron sometidas a un proceso estandarizado de tinción. Se preparó una solución de café disolviendo una cucharada de Nescafé en 177 ml de agua caliente, asegurando una concentración constante en cada inmersión. Las muestras fueron colocadas dentro de una incubadora durante 7 días a 37 °C, reproduciendo condiciones de temperatura similares a la cavidad oral. Con el fin de mantener la potencia pigmentante, la solución fue renovada cada 24 horas. Este protocolo prolongado de exposición permite evaluar la estabilidad cromática del zirconio ante un agente colorante ampliamente utilizado en estudios in vitro y clínicos.

Figura 9. Muestras en recipientes sellados colocados en incubadora a 37°C



En conjunto, los procedimientos descritos permiten establecer condiciones de superficie claramente diferenciadas entre los tres grupos experimentales, lo que facilita evaluar cómo el tipo de acabado influye en la estabilidad del color frente a la exposición al café. Una vez completados los procesos de ajuste, pulido y tinción, el siguiente paso consiste en realizar mediciones colorimétricas estandarizadas en tres momentos, antes y después de los tratamientos, para posteriormente calcular las variaciones cromáticas.

Mediciones de color y cálculo de variaciones ΔE .

Tras la aplicación de los distintos tratamientos de superficie y la posterior exposición al agente pigmentante, se efectuaron mediciones colorimétricas sistemáticas con el fin de cuantificar los cambios cromáticos producidos en cada muestra. La colorimetría objetiva es esencial en estudios de estabilidad de color, ya que permite evaluar con precisión la influencia del pulido, el ajuste mecánico y la tinción mediante el análisis de los parámetros del sistema CIELab.

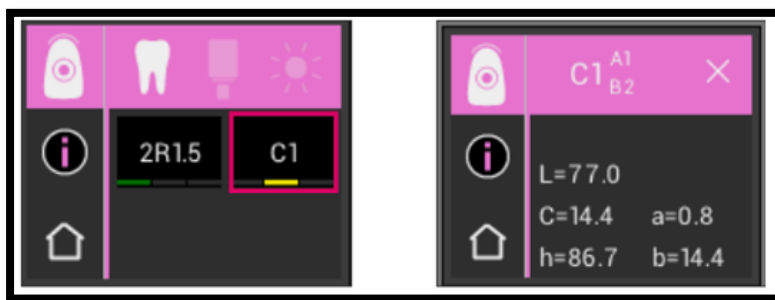
Las mediciones se realizaron utilizando un espectrofotómetro VITA Easyshade, calibrado antes de cada sesión, y aplicando un protocolo estandarizado para reducir la variabilidad. El sistema CIELAB, ampliamente utilizado en investigación odontológica, permite describir el color mediante tres dimensiones:

- L: luminosidad (0 = negro, 100 = blanco).
- a: componente rojo-verde.
- b: componente amarillo-azul.

Cada muestra fue medida en tres momentos:

- T1: condición inicial posterior al glaseado.
- T2: condición posterior al pulido (o glaseado final en el Grupo 1).
- T3: condición final posterior a 7 días de inmersión en café.}

Figura 10. Datos que se obtienen en el espectrofotómetro



A partir de estos valores se calcularon posteriormente las variaciones de color mediante la fórmula clásica:

$$\Delta E = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2}$$

Para los contrastes:

- ΔE_{12} = cambio entre T1 y T2
- ΔE_{23} = cambio entre T2 y T3
- ΔE_{13} = cambio total entre T1 y T3

Figura 11. Soporte para estandarización de la toma de color



Resultados

La siguiente tabla muestra todos los valores colorimétricos registrados (T1, T2, T3) para los tres grupos experimentales, constituyendo la matriz base para los cálculos estadísticos posteriores.

Tabla 3.1. Valores colorimétricos L, a, b en T1, T2 y T3 para cada muestra y grupo 1

Muestra	L1	a1	b1	L2	a2	b2	L3	a3	b3
4	80,40	0,60	10,10	80,40	0,60	10,10	67,70	0,90	12,90
5	75,10	0,80	10,60	75,10	0,80	10,60	66,30	0,20	16,40
6	91,40	2,10	25,80	91,40	2,10	25,80	74,40	4,40	39,00
8	99,70	1,80	24,40	99,70	1,80	24,40	80,40	3,40	32,10
0	76,90	0,40	11,60	76,90	0,40	11,60	65,70	0,40	17,30
16	73,10	0,50	13,10	73,10	0,50	13,10	66,10	0,50	4,90
17	83,50	2,70	28,30	83,50	2,70	28,30	75,10	4,00	34,70
23	77,50	0,40	1,80	77,50	0,40	1,80	67,40	0,10	15,90

29	78,40	0,30	11,60	78,40	0,30	11,60	69,20	0,10	15,80
30	77,80	0,50	11,00	77,80	0,50	11,00	65,90	0,30	14,80

Tabla 3.2. Valores colorimétricos L, a, b en T1, T2 y T3 para cada muestra y grupo 2

Muestra	L1	a1	b1	L2	a2	b2	L3	a3	b3
1	71,40	0,60	9,70	69,10	0,30	13,50	61,70	0,60	15,20
2	72,10	0,50	10,70	74,20	0,30	13,00	63,00	0,00	17,80
7	70,20	0,50	14,50	74,20	0,30	13,20	63,20	0,20	19,00
12	79,40	0,50	10,40	75,70	0,20	11,80	63,70	0,00	17,20
15	67,70	0,60	15,20	83,00	0,20	13,70	60,80	1,00	17,00
18	76,00	0,30	13,40	64,30	0,20	17,80	62,20	0,10	18,30
22	72,80	0,10	14,10	64,60	0,00	18,80	62,00	0,70	20,40
24	74,90	0,40	13,00	61,90	0,30	17,10	62,70	0,10	17,90
25	76,60	0,40	12,80	62,10	0,20	17,60	63,00	0,00	18,00
26	72,60	0,80	13,50	63,70	0,90	17,30	62,00	0,90	16,50

Tabla 3.3. Valores colorimétricos L, a, b en T1, T2 y T3 para cada muestra y grupo 3

Muestra	L1	a1	b1	L2	a2	b2	L3	a3	b3
3	79,10	0,70	10,40	77,90	0,00	13,50	60,40	0,90	15,00
9	75,80	0,20	12,60	71,10	0,30	15,00	64,10	0,60	15,30
11	68,40	0,80	15,40	64,20	0,40	17,30	62,00	0,60	16,80
13	80,90	0,20	13,70	72,20	0,40	16,30	61,00	0,40	20,50
14	70,90	0,90	12,20	64,00	0,50	14,50	61,70	0,70	13,70
19	75,50	0,30	10,60	64,40	0,80	14,00	62,50	0,70	13,60
20	75,80	0,40	11,00	62,40	0,50	14,60	63,20	0,50	14,20
21	74,90	0,10	14,10	62,90	0,20	17,60	63,00	0,10	17,90
27	75,10	0,20	11,20	65,00	0,20	16,20	63,00	0,20	16,00
28	72,00	0,40	13,10	64,70	0,80	14,30	61,50	0,80	13,20

Con la matriz completa de valores colorimétricos, se pudo proceder al cálculo de las variaciones ΔE y la verificación de los supuestos estadísticos para determinar las pruebas inferenciales adecuadas.

Prueba de normalidad (Shapiro–Wilk)

La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro–Wilk para cada índice ΔE (ΔE_{12} , ΔE_{23} y ΔE_{13}) en cada grupo por separado ($n = 10$ por grupo).

Los resultados completos de la prueba de Shapiro–Wilk se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4. Prueba de normalidad Shapiro – Wilk para los índices ΔE por grupo ($p > 0,05$)

Índice ΔE	Grupo	W	Valor – p	Normalidad
ΔE_{12}	1	1,000	1,000	N/A (sin variación)
ΔE_{12}	2	0,871	0,103	Sí
ΔE_{12}	3	0,949	0,658	Sí
ΔE_{23}	1	0,805	0,017	No
ΔE_{23}	2	0,857	0,071	Sí
ΔE_{23}	3	0,77	0,006	No
ΔE_{13}	1	0,805	0,017	No
ΔE_{13}	2	0,976	0,939	Sí
ΔE_{13}	3	0,914	0,308	Sí

A partir de estos resultados se observa que, aunque algunos grupos muestran normalidad para ciertos índices, no se cumple la normalidad de forma consistente en todos los grupos y para todos los ΔE , lo que sugiere cautela en el uso de pruebas paramétricas clásicas (como ANOVA de una vía) y favorece la utilización de pruebas no paramétricas (Kruskal–Wallis) para las comparaciones entre grupos.

Homogeneidad de varianzas (Levene)

La homogeneidad de varianzas entre los tres grupos se evaluó con la prueba de Levene para cada uno de los índices ΔE . Los resultados se resumen según la siguiente tabla.

Tabla 5. Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para los índices ΔE

Índice ΔE	F	p	Homogeneidad de varianzas
ΔE_{12}	16,468	0,000	No
ΔE_{23}	1,194	0,318	Sí
ΔE_{13}	0,223	0,801	Sí

Para ΔE_{12} se observa una diferencia altamente significativa en las varianzas entre grupos ($p < 0,001$), lo que era esperable dado que el Grupo 1 presenta varianza nula (todos los valores son 0) y los grupos 2 y 3 sí presentan cambios después del pulido. En consecuencia, no se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas para ΔE_{12} , lo cual refuerza la idea de evitar un ANOVA estándar para este índice y considerar alternativas como ANOVA de Welch o, de forma más conservadora, Kruskal–Wallis.

En cambio, para ΔE_{23} y ΔE_{13} no se encontraron diferencias significativas en las varianzas entre los grupos ($p = 0,318$ y $p = 0,801$, respectivamente), por lo que, desde el punto de vista de la homogeneidad, sí sería aceptable el uso de pruebas paramétricas. Sin embargo, al combinar este resultado con la evidencia de no normalidad en algunos grupos, sigue siendo recomendable emplear pruebas no paramétricas para las comparaciones inter-grupo.

Evaluación de valores atípicos

Como parte de la exploración de supuestos, también se analizó la presencia de valores atípicos en los índices ΔE . Para ello se calcularon puntuaciones z dentro de cada grupo y para cada ΔE , considerando como criterio de outlier aquellos valores con $|z| > 3$. En ningún caso se identificaron observaciones que cumplieran dicho criterio, por lo que no fue necesario excluir muestras del análisis.

Tabla 6. Resumen de medias, desviaciones estándar y valores atípicos en los índices ΔE

Índice ΔE	Grupo	Media	DE	# de valores atípicos
ΔE_{12}	1	0	0	0
ΔE_{12}	2	9.167	4.918	0
ΔE_{12}	3	8.634	3.599	0

ΔE_{23}	1	14.000	4.351	0
ΔE_{23}	2	7.717	7.175	0
ΔE_{23}	3	4.983	5.622	0
ΔE_{13}	1	14.000	4.351	0
ΔE_{13}	2	12.119	2.985	0
ΔE_{13}	3	13.055	4.298	0

La ausencia de valores atípicos sugiere que los datos son relativamente estables dentro de cada grupo y que las diferencias observadas entre ellos se deben principalmente a los efectos experimentales y no a valores extremos aislados.

El análisis de los supuestos estadísticos mostró que, aunque algunos subconjuntos de datos cumplen con normalidad y homogeneidad de varianzas, estas condiciones no se satisfacen de manera consistente para todos los índices ΔE y todos los grupos. Por ello, se optó por un enfoque conservador basado en pruebas no paramétricas (Kruskal–Wallis para comparaciones entre grupos y Friedman para comparaciones entre tiempos dentro de cada grupo), garantizando así la robustez de las conclusiones.

Estadísticos descriptivos de los valores L, a y b por tiempo y grupo

Los parámetros cromáticos L, a y b permiten analizar con precisión el comportamiento de las restauraciones desde su condición inicial (T1), después del ajuste y pulido (T2) y finalmente tras la exposición al café (T3). En el caso de la luminosidad, los datos muestran que el Grupo 1, sometido únicamente a glaseado, inicia con valores relativamente altos, lo cual refleja una superficie más brillante y menos rugosa. Sin embargo, este mismo grupo experimenta una disminución marcada en T3, evidenciando que el glaseado sin pulido posterior es particularmente vulnerable al oscurecimiento por pigmentación.

En contraste, los grupos 2 (OptraGloss) y 3 (EVE) presentan valores iniciales de luminosidad similares entre sí, ligeramente inferiores a los del grupo glaseado. Tras el pulido, ambos grupos mantienen niveles de luminosidad relativamente estables, aunque en T3 muestran una reducción progresiva atribuida a la absorción del pigmento del café. Este patrón

indica que, si bien los sistemas de pulido generan superficies más lisas, estas no están completamente exentas de pérdida de luminosidad bajo condiciones de tinción intensiva.

En cuanto al componente a, los valores se mantienen estables a lo largo de los tiempos de medición y no muestran cambios drásticos entre grupos, lo que indica que el eje rojo – verde no se ve significativamente afectado ni por el pulido ni por el café. Por su parte, el componente b aumenta en los tres grupos a medida que avanza el estudio, siendo este incremento más pronunciado en T3. Esto confirma la influencia del café sobre el componente amarillo del color, un patrón asociado a la adsorción de pigmentos cromogénicos típicos en bebidas oscuras. Este efecto es claramente más intenso en el grupo glaseado, mientras que los grupos pulidos presentan aumentos más moderados, anticipando una mejor resistencia al manchado.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de L, a y b en T1, T2 y T3 por grupo

Grupo	Tiempo	L (media ± DE)	a (media ± DE)	b (media ± DE)
1	T1	81,38 ± 8,47	0,75 ± 0,82	14,92 ± 8,60
	T2	81,38 ± 8,47	0,75 ± 0,82	14,92 ± 8,60
	T3	69,82 ± 5,31	1,03 ± 1,38	18,48 ± 10,15
2	T1	73,37 ± 3,49	0,43 ± 0,16	12,27 ± 1,85
	T2	69,28 ± 7,17	0,27 ± 0,33	15,16 ± 2,50
	T3	62,03 ± 1,04	0,33 ± 0,43	18,71 ± 1,62
3	T1	74,64 ± 4,10	0,42 ± 0,27	12,19 ± 1,54
	T2	67,08 ± 4,36	0,45 ± 0,24	15,11 ± 1,26
	T3	62,24 ± 1,33	0,59 ± 0,29	15,42 ± 1,71

Estadísticos descriptivos de las variaciones de color ΔE

Las variaciones ΔE permiten cuantificar de manera objetiva la magnitud del cambio cromático entre tiempos. El análisis descriptivo de estos índices refleja diferencias claras entre los grupos desde la primera fase del estudio. En ΔE_{12} , que evalúa el efecto del ajuste y pulido, el Grupo 1 no presenta ningún cambio, lo cual confirma que la superficie glaseada permaneció intacta entre T1 y T2. Por el contrario, los grupos 2 y 3 presentan variaciones elevadas, cercanas a 9 unidades en promedio, lo que indica que el pulido modifica perceptiblemente el color inicial. Aunque ambos grupos muestran cambios notorios, el rango

es más amplio en el Grupo 2, sugiriendo mayor variabilidad en la respuesta de Optragloss frente al proceso de ajuste mecánico.

El comportamiento de ΔE_{23} revela las diferencias más significativas entre los tratamientos. El grupo glaseado alcanza valores promedio cercanos a 14 unidades, posicionándose como el más susceptible al manchado tras la inmersión en café. En cambio, el Grupo 3 (EVE) presenta la variación más baja, con valores alrededor de 5 unidades, indicando una resistencia notable al pigmento. El Grupo 2 se ubica en un punto intermedio, aunque su amplia desviación estándar evidencia comportamientos heterogéneos entre las muestras. Este patrón refuerza la importancia de la calidad del pulido y su impacto directo sobre la microtextura superficial y la absorción de pigmentos.

En cuanto al ΔE_{13} , que evalúa el cambio total acumulado desde el estado inicial hasta el final, los tres grupos muestran valores elevados debido al diseño experimental intensificado. Sin embargo, las diferencias relativas permiten observar que el grupo 2 posee el menor cambio global, seguido de EVE, mientras que el glaseado presenta el mayor ΔE acumulado. Estos resultados indican que los sistemas de pulido, especialmente aquellos diseñados específicamente para zirconio, reducen la magnitud global del manchado y mejoran la estabilidad cromática final de las restauraciones.

Tabla 8. Estadísticos descriptivos de ΔE en cada grupo

Índice ΔE	Grupo	Media	DE	Mínimo	Máximo
ΔE_{12}	1	0,000	0,000	0,000	0,000
	2	9,167	4,918	0,360	15,790
	3	8,634	3,599	3,100	13,570
ΔE_{23}	1	14,000	4,351	9,690	22,030
	2	7,717	7,175	1,150	20,130
	3	4,983	5,622	0,460	19,740
ΔE_{13}	1	14,000	4,351	9,690	22,030
	2	12,119	2,985	7,560	18,160
	3	13,055	4,298	6,620	21,400

Comparaciones inter-grupo (Kruskal – Wallis)

Tabla 9. Resultados de Kruskal–Wallis para los índices ΔE

Índice ΔE	H (KW)	p	Conclusión
ΔE_{12}	20	<0,001	Diferencias significativas
ΔE_{23}	17,52	<0,001	Diferencias significativas
ΔE_{13}	7,28	0,026	Diferencias significativas

En el caso de ΔE_{12} , la prueba de Kruskal – Wallis mostró diferencias altamente significativas entre los tres grupos, con un valor p inferior a 0,001. Este resultado indica que el cambio de color ocurrido entre T1 y T2, asociado al ajuste y al pulido, difiere de manera consistente entre los tratamientos. El hecho de que el Grupo 1 presente ΔE_{12} igual a cero, mientras que los grupos 2 y 3 muestran valores elevados, refuerza esta diferencia. Además, la magnitud de H sugiere que el factor tratamiento tiene un efecto considerable sobre la modificación inicial del color tras el pulido.

Para ΔE_{23} , que refleja el efecto del café sobre el zirconio ya pulido, el análisis también mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, con un valor p menor a 0,001. En este caso, los resultados sugieren que la susceptibilidad al manchado varía de forma sustancial según el protocolo de superficie. El Grupo 1, que únicamente recibió glaseado, mostró los valores de ΔE_{23} más altos, mientras que el Grupo 3 exhibió los valores más bajos, lo que indica que el sistema EVE Diapol ofrece una mejor resistencia a la tinción por café en comparación con el glaseado sin pulido y con el sistema OptraGloss.

En cuanto al índice ΔE_{13} , que representa el cambio cromático total entre el estado inicial y el estado final tras la tinción, se observaron diferencias significativas con un valor p de 0,026. Aunque las diferencias globales son menos pronunciadas que en los índices anteriores, el resultado evidencia que el tratamiento de superficie influye de manera significativa en la estabilidad cromática total. En términos generales, los grupos pulidos

presentaron valores de ΔE_{13} menores que el grupo glaseado, lo que refuerza la importancia del pulido en la protección frente al manchado.

Comparaciones post hoc inter-grupo (Dunn)

Tabla 10. Comparaciones post hoc de Dunn (p ajustado)

Comparación	ΔE_{12}	ΔE_{23}	ΔE_{13}
G1 vs G2	<0,001	0,002	0,044
G1 vs G3	<0,001	<0,001	0,072
G2 vs G3	0,621	0,128	0,649

El análisis post hoc mostró que las diferencias observadas en ΔE_{12} provienen principalmente de la comparación entre el Grupo 1 y los grupos 2 y 3, ambos con valores de p inferiores a 0,001. Esto confirma que el pulido, independientemente del sistema empleado, produce un cambio inicial de color significativamente mayor que la condición sin pulido. No se observaron diferencias significativas entre los grupos 2 y 3, lo que indica que ambos sistemas generan un impacto inicial comparable.

En el caso de ΔE_{23} , las comparaciones indican que el Grupo 1 difiere significativamente tanto del Grupo 2 como del Grupo 3, debido a que el glaseado sin pulido presenta una mayor susceptibilidad al manchado. El sistema EVE (G3) mostró también valores menores que OpraGloss (G2), aunque esta diferencia no alcanzó significación estadística, sugiriendo una tendencia hacia una mejor estabilidad cromática.

Por último, para ΔE_{13} , el cambio total de color, sólo se observaron diferencias significativas entre los grupos 1 y 2. La comparación entre los grupos 1 y 3 mostró una p marginal (0,072), mientras que entre los grupos 2 y 3 no hubo diferencias. Estos resultados sugieren que, aunque ambos sistemas de pulido mejoran la estabilidad total del color frente al manchado, sus efectos totales son estadísticamente similares entre sí, pero superiores a la condición sin pulido.

Comparaciones intra-grupo entre tiempos (Friedman)

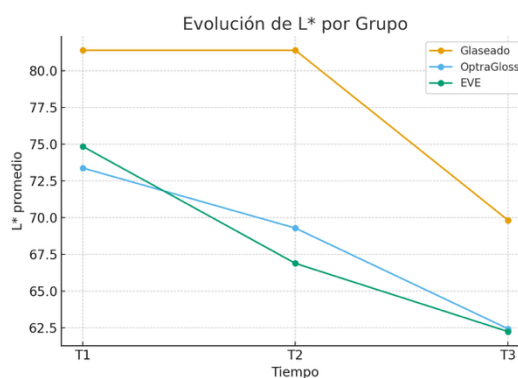
La evolución temporal del color se evaluó mediante la prueba de Friedman dentro de cada grupo, considerando los valores L, a y b. En todos los casos, la prueba mostró cambios altamente significativos entre T1, T2 y T3, lo que confirma que el color del zirconio sufrió modificaciones sistemáticas a lo largo del experimento.

Tabla 11. Resultados de Friedman por grupo

Grupo	χ^2 (Friedman)	p	Conclusión
1	20,00	<0,001	Cambios significativos entre T1–T2–T3
2	26,22	<0,001	Cambios significativos entre T1–T2–T3
3	25,40	<0,001	Cambios significativos entre T1–T2–T3

En los tres grupos se observaron cambios estadísticamente significativos entre los tiempos de medición, lo que confirma que el color del zirconio se modifica de manera consistente tanto por los procedimientos de pulido como por la exposición al café. En el Grupo 1, el contraste entre T2 y T3 representa el mayor cambio, puesto que el glaseado sin pulido deja la superficie más susceptible a la tinción. En los grupos 2 y 3, los cambios entre T1 y T2 reflejan las alteraciones iniciales derivadas del pulido, mientras que los cambios entre T2 y T3 corresponden al efecto del café. La magnitud del cambio es menor en el Grupo 3, lo que coincide con su comportamiento de mayor estabilidad cromática observado previamente.

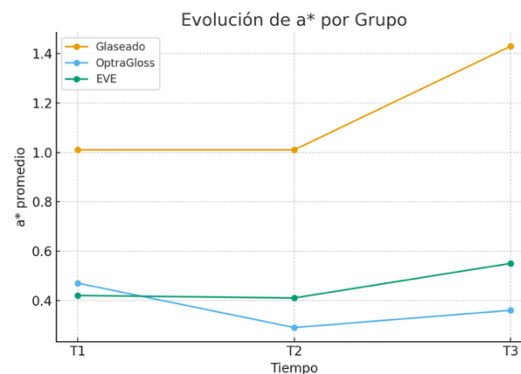
Gráfico 1. Evolución de L (luminosidad)



La representación gráfica del parámetro L evidencia una tendencia descendente en los tres grupos a medida que avanza el tiempo experimental. En el grupo glaseado, la luminosidad se mantiene estable entre T1 y T2 porque dichas piezas no reciben ningún ajuste mecánico; sin embargo, tras la exposición al café (T3), se observa un descenso considerable, lo que indica un oscurecimiento marcado de la superficie glaseada. Esta caída tan abrupta confirma que el glaseado sin pulido adicional presenta una mayor susceptibilidad al oscurecimiento por pigmentos intensos.

En el grupo OptraGloss, el descenso de L es progresivo en cada etapa. La caída entre T1 y T2 refleja el efecto cromático del ajuste y pulido, mientras que la disminución entre T2 y T3 representa la acción del café. Clínicamente, este comportamiento evidencia que el pulido en dos pasos reduce la rugosidad suficiente como para aminorar la retención de pigmentos, pero no previene totalmente el oscurecimiento en condiciones de exposición continua.

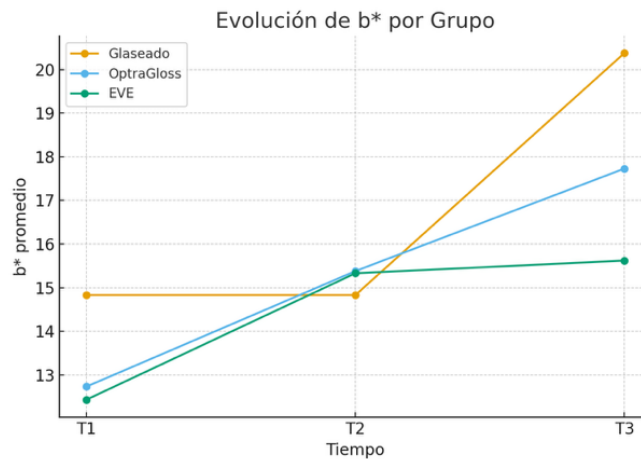
El grupo EVE muestra desde T1 valores ligeramente superiores a OptraGloss, pero es el que presenta el descenso más uniforme y menos abrupto entre T2 y T3. Esto indica que, aunque el pulido con EVE genera cambios iniciales en la luminosidad (ΔE_{12} moderado), la superficie resultante parece ofrecer una mejor resistencia al oscurecimiento inducido por pigmentos. Desde el punto de vista clínico, mantener una luminosidad más estable es crucial para la percepción estética, lo que posiciona al sistema EVE como el más favorable dentro del contexto del manchado por café.

Gráfico 2. Evolución de a (rojo – verde)

En el gráfico de la evolución de a se observa que, en los tres grupos, los valores se mantienen muy cercanos a cero durante todo el experimento, con variaciones pequeñas entre tiempos. Esto significa que el componente cromático en el eje rojo-verde apenas se modifica. En el grupo glaseado, a permanecer prácticamente estable entre T1 y T2 y muestra un ligero incremento en T3, lo que indica un desplazamiento mínimo hacia tonos algo más rojizos tras la exposición al café, pero de magnitud reducida frente a los cambios observados en L y b.

En el grupo OpraGloss se aprecia una ligera disminución de a tras el pulido (T2) y un leve aumento en T3, manteniéndose siempre en valores muy bajos. Este patrón sugiere que el ajuste y el pulido producen microvariaciones en el matiz, pero no generan un cambio cromático clínicamente relevante en el eje rojo-verde. El grupo EVE muestra un comportamiento similar, con un incremento suave de a lo largo del tiempo, también dentro de un rango muy reducido.

Gráfico 3. Evolución de b (amarillo – azul)



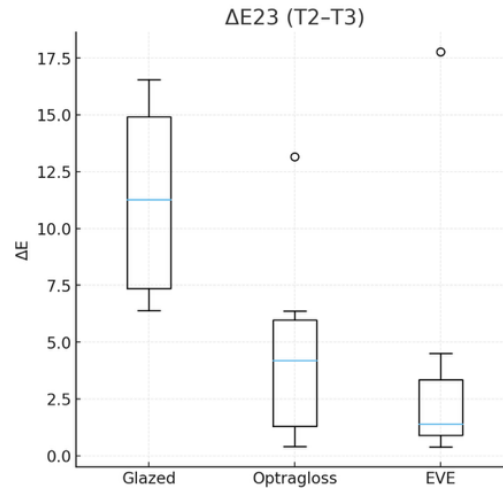
El comportamiento del parámetro b muestra una tendencia ascendente en todos los grupos, lo que corresponde al incremento del matiz amarillento característico del café. Sin embargo, la magnitud del cambio varía notablemente. En el grupo glaseado, la curva es prácticamente plana entre T1 y T2, pero experimenta un ascenso muy brusco hacia T3, lo que indica una mayor susceptibilidad al depósito de pigmentos amarillentos sobre la superficie. Este incremento súbito coincide con los altos valores de ΔE_{23} observados para este grupo.

En OptraGloss, el aumento de b se da de forma progresiva desde T1 hasta T3. El cambio es visible, pero más controlado que en el grupo glaseado, lo que implica que el pulido contribuye de manera efectiva a disminuir la adhesión de pigmentos, aunque no la elimina completamente. Este patrón refleja clínicamente que las restauraciones pulidas con OptraGloss tienden a envejecer cromáticamente a un ritmo más lento que las glaseadas, pero siguen siendo susceptibles en pacientes con altos hábitos pigmentantes.

El comportamiento más estable corresponde al grupo EVE. Aunque b aumenta entre T1 y T3, la pendiente es más suave, indicando menor penetración del tono amarillo asociado al café. Esta menor variación de b coincide con los resultados de ΔE_{23} y refuerza la idea de que el pulido en tres pasos con diamante logra superficies con menor retención de pigmento.

En términos clínicos, una menor variación de b se traduce en restauraciones que mantienen mejor su vitalidad cromática a largo plazo.

Gráfico 4. Diagrama de cajas y bigotes ΔE_{23} : T2–T3 tras inmersión



Este boxplot representa el comportamiento cromático durante la fase crítica del estudio: la pigmentación inducida por café. Se observa que el grupo Glaseado presenta la mayor variación acumulada (mediana ≈ 11), lo cual evidencia que, a pesar de su superficie intacta inicialmente, el glaseado es altamente susceptible a la tinción cuando no ha sido reforzado por un proceso de pulido.

En contraste, los grupos Optragloss y EVE muestran variaciones significativamente menores, con EVE exhibiendo la menor mediana (< 2) y menor amplitud intercuartílica. Esto implica que ambos sistemas de pulido generan superficies más resistentes a la pigmentación, pero EVE sobresale como el sistema que mayor estabilidad cromática ofrece bajo condiciones de tinción. Estadísticamente, EVE muestra una distribución más comprimida, lo cual refuerza su consistencia en todos los especímenes. Esta fase conecta directamente con la evaluación global del comportamiento acumulado.

Discusión

Los resultados del presente estudio evidenciaron que el acabado superficial influye de manera determinante en la estabilidad del color del zirconio monolítico expuesto a café, observándose diferencias significativas entre los protocolos evaluados. La mayor variación cromática se registró en el grupo glaseado sin pulido ($\Delta E_{23} \approx 14$), mientras que los grupos sometidos a ajuste seguido de pulido mostraron menor susceptibilidad al manchado, destacándose el sistema EVE Diapol ($\Delta E_{23} \approx 5$). Estas tendencias coinciden con las observaciones de estudios previos que atribuyen la pigmentación del zirconio a cambios en la rugosidad y la pérdida de la capa superficial protectora producida por el ajuste mecánico (Soares, et al., 2024; Saker & Özcan, 2020).

En concordancia con lo reportado en la literatura, el presente estudio demostró que el ajuste inicial genera un aumento del ΔE_{12} , atribuible al desgaste del glaseado y la exposición directa de la zirconia sin su capa vítrea original. Sin embargo, esta modificación inicial no condicionó una mayor susceptibilidad al manchado posterior, ya que ambos sistemas de pulido evaluados contribuyeron a reducir la variación cromática final. Resultados semejantes han sido descritos por Soares et al. (2024), quienes encontraron que el pulido o el glaseado posterior al desgaste disminuyen la alteración de color tras la inmersión en agentes pigmentantes, en comparación con superficies únicamente desgastadas. En su estudio, el grupo sometido únicamente al desgaste mostró los valores de ΔE_{00} más elevados, mientras que el pulido y el glaseado consiguieron mejorar la estabilidad óptica. Esta coincidencia respalda la utilidad de los sistemas de pulido clínico para restablecer una superficie menos propensa a la absorción de pigmentos.

De manera similar, Saker y Özcan (2020) reportaron que tanto el protocolo de pulido como la aplicación de glaseado influyen significativamente en la estabilidad del color tras la termociclación en café, especialmente en zirconias de menor espesor. Aunque su

investigación incluyó diferentes espesores y marcas de zirconia, las conclusiones convergen con los hallazgos del presente estudio: los procedimientos de acabado y pulido modifican la interacción superficial con el color y pueden mitigar los efectos de agentes cromógenos como el café.

Por otro lado, los valores de ΔE reportados en estudios de exposición prolongada a café, como el de Colombo et al. (2017), confirman que la zirconia presenta una susceptibilidad inherente al manchado, especialmente después de varias semanas de inmersión. Aunque los valores de ΔE observados en ese estudio variaron según la marca de zirconia, todos los materiales experimentaron cambios perceptibles tras la exposición al café. Si bien los valores de ΔE encontrados por Colombo et al. fueron menores a los registrados en el grupo glaseado del presente estudio, esta diferencia puede deberse a variaciones en la concentración de la solución, el tiempo de inmersión o la ausencia de procedimientos previos de desgaste; aun así, ambos estudios coinciden en que el café es uno de los agentes pigmentantes más agresivos para restauraciones de zirconia.

El hecho de que el grupo glaseado sin pulido presentara la mayor variación cromática resulta especialmente relevante, pues contradice la percepción clínica común de que el glaseado constituye una barrera protectora suficiente frente al manchado. En contraste, los datos evidencian que la capa de glaseado puede erosionarse o presentar microdefectos que aumentan su susceptibilidad a los pigmentos. Este comportamiento también fue descrito por Soares et al. (2024), quienes observaron que el glaseado posterior al desgaste tuvo el mejor desempeño durante los primeros días de inmersión en vino, pero su eficacia disminuyó con el tiempo, igualándose al pulido.

En el presente estudio, el sistema EVE Diapol mostró mejor desempeño que OptraGloss, lo cual podría atribuirse a la presencia de partículas de diamante en sus tres etapas de pulido, que permiten obtener una superficie más homogénea y menos rugosa. Esta

interpretación se alinea con los reportes de Saker & Özcan (2020), quienes observaron que los pulidores diamantados generan mejores resultados en términos de estabilidad cromática y translucidez que sistemas basados en carburo de silicio o abrasivos convencionales.

Finalmente, la magnitud de las variaciones totales de color (ΔE_{13}) observadas en este estudio sugiere que el acabado superficial tiene un impacto mayor que el agente pigmentante por sí solo, una conclusión respaldada de manera consistente por los artículos revisados. Así, tanto la evidencia previa como los resultados actuales refuerzan que el pulido clínico no debe considerarse opcional, sino un paso indispensable tras cualquier ajuste intraoral de restauraciones de zirconio.

En conjunto, los hallazgos del presente estudio concuerdan ampliamente con la literatura existente: la estabilidad del color en zirconia depende directamente del tratamiento superficial, la rugosidad inicial y la calidad del pulido. Los protocolos que incluyen secuencias más completas de pulido parecen ofrecer mejores resultados, especialmente frente a agentes altamente pigmentantes como el café.

Conclusiones

El presente estudio demuestra que el acabado superficial es un factor determinante en el comportamiento cromático del zirconio y que el glaseado no constituye por sí solo una barrera suficiente frente a agentes pigmentantes.

Los resultados del estudio respaldan que el pulido tras ajustes clínicos presenta una eficacia significativa para reducir el cambio de color, en especial el sistema Eve, el cual presentó el mejor desempeño frente al manchado por café, sus valores de variación significativamente inferiores demuestran la eficacia del pulido en tres pasos con grano de diamante.

Los valores de variación cromática en los 3 grupos resaltan la importancia clínica de estandarizar los protocolos de acabado y pulido, tomando en cuenta que la estabilidad de color no depende únicamente del material, sino del tratamiento final de la superficie.

Referencias

- Alnassar, T. M. (2022). Color stability of monolithic zirconia in various staining liquids: an in vitro study. *Applied Sciences*, *12*(19), 9752.
- Al-Zordk, W., & Saker, S. (2020). Impact of sintering procedure and clinical adjustment on color stability and translucency of translucent zirconia. *The Journal of prosthetic dentistry*, *124*(6), 788-e1.
- Colombo, M., Cavallo, M., Miegge, M., Dagna, A., Beltrami, R., Chiesa, M., & Poggio, C. (2017). Color stability of CAD/CAM Zirconia ceramics following exposure to acidic and staining drinks. *Journal of clinical and experimental dentistry*, *9*(11), e1297.
- Ghanem, R., Adel, A., & Al-Zordk, W. (2024). Effect of simulated intraoral adjustment on the color and translucency of gradient multilayered monolithic zirconia. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *132*(6), 1313-e1.
- Giti, R., & Jebal, R. (2023). How could mouthwashes affect the color stability and translucency of various types of monolithic zirconia? An in-vitro study. *Plos one*, *18*(12), e0295420.
- Grech, J., & Antunes, E. (2019). Zirconia in dental prosthetics: A literature review. *Journal of Materials Research and Technology*, *8*(5), 4956-4964.
- Incesu, E., & Yanikoglu, N. (2020). Evaluation of the effect of different polishing systems on the surface roughness of dental ceramics. *The Journal of prosthetic dentistry*, *124*(1), 100-109.
- Jum'ah, A. A., Brunton, P. A., Li, K. C., & Waddell, J. N. (2020). Simulated clinical adjustment and intra-oral polishing of two translucent, monolithic zirconia dental ceramics: An in vitro investigation of surface roughness. *Journal of dentistry*, *101*, 103447.

- Kanat-Ertürk, B. (2020). Color stability of CAD/CAM ceramics prepared with different surface finishing procedures. *Journal of Prosthodontics*, 29(2), 166-172.
- Kang, C. M., Peng, T. Y., & Shimoe, S. (2020). Color accuracy of different types of monolithic multilayer precolored zirconia ceramics. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 124(6), 789-e1.
- Lunkad, H., Sayed, M. E., Najjar, A. A., Halawi, M., Tawhari, Y., Alamri, M. K., ... & Mattoo, K. A. (2025). Evaluation of Surface Roughness of Multilayered Monolithic Zirconia Following Chairside Adjustment with 3 Different Polishing Systems Sterilized for Multiple Cycles: An In Vitro Study. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 31, e947231.
- Mezied, M. S., & Alqahtani, F. S. (2020). The effect of in vitro aging on the color stability of cubic and tetragonal zirconia materials. *Saudi Journal of Oral Sciences*, 7(3), 139-144.
- Preis, V., Behr, M., Handel, G., Schneider-Feyrer, S., Hahnel, S., & Rosentritt, M. (2012). Wear performance of dental ceramics after grinding and polishing treatments. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 10, 13-22.
- Saker, S., & Özcan, M. (2021). Effect of surface finishing and polishing procedures on color properties and translucency of monolithic zirconia restorations at varying thickness. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(6), 953-963.

Soares, P. M., Zucuni, C. P., Ilha, B. D., Jacques, L. B., May, L. G., & Valandro, L. F.

(2024). Optical properties and color stability of a translucent zirconia: effects of finishing after grinding. *Brazilian Dental Journal*, 35, e24-6094.

Vila-Nova, T. E. L., de Carvalho, I. H. G., Moura, D. M. D., Batista, A. U. D., Zhang,

Y., Paskocimas, C. A., ... & e Souza, R. O. D. A. (2020). Effect of

finishing/polishing techniques and low temperature degradation on the surface

topography, phase transformation, and flexural strength of ultra-translucent

ZrO₂ ceramic. *Dental Materials*, 36(4), e126-e139.