



Facultad De Ciencias de la Salud

Tema:

**Influencia del tratamiento de la capa inhibida en la estabilidad del color de resinas
nanohíbridas.**

**Trabajo de titulación para la obtención del Título de Especialista en Rehabilitación Oral y
Prótesis Implanto Asistida**

Presentada por:

Cinthy Patricia Cun Morán

Tutor:

Dr. Lucas Machado

Quito, junio del 2026

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.

Cinthy Patricia Cun Morán

C.I: 0706304532

Índice

Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos	2
Índice.....	3
Índice De Tablas.....	5
Índice De Figuras	6
Dedicatoria.....	7
Resumen.....	8
Abstract	9
Introducción	10
Metodología	12
Resultados	22
Descripción y preparación de la base de datos	23
Análisis descriptivo del cambio de color (ΔE)	27
Cambio de color en resinas con pulido convencional.....	28
Cambio de color en resinas con pulido y glicerina	30
Cambio de color en resinas tratadas con permaseal.....	31
Estadísticos descriptivos del cambio de color (ΔE).....	33
Evaluación de supuestos para el análisis inferencial	36
Evaluación de la normalidad de los datos	36
Evaluación de la homogeneidad de varianzas	38
Análisis inferencial del cambio de color (ΔE).....	39
Resultados del análisis de varianza (ANOVA)	40

Representación gráfica de las medias del cambio de color.....	41
Evaluación exploratoria de comparaciones post hoc	42
Análisis inferencial mediante ANOVA de dos vías	43
Comparaciones post hoc según tipo de resina	44
Comparaciones post hoc en resina Tetric N-Ceram.....	45
Comparaciones post hoc en resina Filtek Z350 XT.....	45
Conclusiones	46
Recomendaciones	48
Discusión.....	48
Referencias.....	52

Índice De Tablas

Tabla 1. Estructura de la base de datos final utilizada para el análisis estadístico.....	25
Tabla 2. Definición de las variables analizadas	26
Tabla 3. Valores individuales de cambio de color (ΔE) en resinas pulidas convencionalmente..	28
Tabla 4. Valores individuales de cambio de color (ΔE) en resinas pulidas con glicerina	30
Tabla 5. Valores individuales de cambio de color (ΔE) en resinas tratadas con Permaseal.....	31
Tabla 6. Media y desviación estándar del cambio de color (ΔE) según tratamiento y tipo de resina	34
Tabla 7. Resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el cambio de color (ΔE)	37
Tabla 8. Resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para el ΔE	39
Tabla 9. Análisis de varianza de una vía del cambio de color (ΔE) según tratamiento	40
Tabla 10. Análisis de varianza de dos vías del cambio de color (ΔE).....	43
Tabla 11. Comparaciones múltiples de Tukey para el ΔE en resina Tetric N-Ceram	45
Tabla 12. Comparaciones múltiples de Tukey para el ΔE en resina Filtek Z350 XT	45

Índice De Figuras

Figura 1. Elaboración de muestras de resina	13
Figura 2. Fotopolimerización estandarizada con portaobjetos	13
Figura 3. Discos sof-lex 3M	14
Figura 4. Micromotor Eléctrico – NL 400-1	14
Figura 5. Muestras de resina	15
Figura 6. Pulido de disco de resina	16
Figura 7. Pulido de disco de resina	16
Figura 8. Aplicación de glicerina	17
Figura 9. Fotopolimerización de la muestra + glicerina	17
Figura 10. Pulido de los discos	18
Figura 11. Aplicación de permaseal	18
Figura 12. Fotopolimerización del permaseal	18
Figura 13. Disco de resina en el molde de policarbonato	19
Figura 14. Toma de color con el espectrofotómetro Easyshade - primera medición	20
Figura 15. Muestras sumergidas en Coca Cola	20
Figura 16. Muestras colocadas incubadora	21
Figura 17. Cambio del agente colorante	21
Figura 18. Segunda medición de las muestras	22
Figura 19. Figura de cajas del cambio de color (ΔE) según tratamiento	35
Figura 20. Figuras Q-Q del cambio de color (ΔE) por tratamiento	37
Figura 21. Media del cambio de color (ΔE) según tratamiento	41

Dedicatoria

El presente trabajo es el resultado de un proceso de esfuerzo, constancia y compromiso, que no habría sido posible sin el apoyo de quienes me acompañaron a lo largo de este camino académico y personal. Detrás de cada página se reflejan no solo mi dedicación, sino también la confianza, el aliento y el respaldo de muchas personas que creyeron en mí.

A Dios, por ser mi guía permanente y por concederme la fortaleza, la sabiduría y la paciencia necesarias para superar cada desafío y culminar esta etapa de formación profesional.

A mi mamita, por su amor incondicional, su entrega y sacrificio, y por enseñarme con su ejemplo que la perseverancia y el esfuerzo siempre tienen recompensa, sin ella nada de esto sería posible.

A mi esposo, por su apoyo constante, comprensión y acompañamiento en cada reto y logro, siendo un pilar fundamental durante este proceso.

A mi familia, por su cariño y apoyo. Cada palabra de aliento y cada acto de ayuda significó mucho para seguir adelante con mis estudios.

INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO DE LA CAPA INHIBIDA EN LA ESTABILIDAD DEL COLOR DE RESINAS NANOHÍBRIDAS, ESTUDIO *IN VITRO*.

Cinthya Patricia Cun Morán

cuncintha@gmail.com

Resumen

En las resinas compuestas la estabilidad del color es un factor fundamental para obtener el éxito clínico en los tratamientos restauradores, siendo la estética una de las características más importantes que hoy en día exigen los pacientes. El objetivo del presente estudio fue determinar la influencia del tratamiento de la capa inhibida en la estabilidad del color de resinas nanohíbridas tras ser sumergidas en agente colorante.

Se realizó un estudio experimental *in vitro* longitudinal comparativo. Se confeccionaron 60 discos de resina compuesta (Tetric N-Ceram® y Filtek Z350 XT®, color A2), distribuidos aleatoriamente en tres grupos según el tratamiento aplicado: pulido convencional con discos Sof-Lex™, pulido con aplicación de glicerina y sellado superficial con Permaseal®. Las muestras fueron sometidas a medición inicial del color mediante espectrofotometría (Easyshade® V) y posteriormente inmersas en Coca-Cola® durante 7 días a 37 °C, con recambio diario de la solución. Tras el período de inmersión se realizó una segunda medición del color. El cambio cromático se expresó mediante el parámetro ΔE del sistema CIELAB. Los datos fueron analizados mediante ANOVA de una y dos vías y prueba t de Student ($\alpha = 0,05$).

El análisis de una vía no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, el análisis de varianza de dos vías mostró un efecto significativo del tipo de resina y una interacción estadísticamente significativa entre el tratamiento y el material restaurador ($p < 0,05$). En la resina Tetric N-Ceram®, el cambio de

color fue comparable entre los tratamientos aplicados, sin diferencias significativas. En contraste, la resina Filtek Z350 XT® presentó diferencias significativas en el ΔE asociadas al tratamiento, particularmente con el uso de Permaseal®, evidenciando un comportamiento cromático dependiente del material.

El cambio de color de las resinas nanohíbridas no depende únicamente del tratamiento de la capa inhibida, sino de la interacción entre dicho tratamiento y el tipo de material restaurador. Un mismo procedimiento puede generar respuestas cromáticas distintas según la resina utilizada, lo que resalta la importancia de una selección adecuada del material en función de los requerimientos estéticos clínicos.

Palabras Claves: RESINAS NANOHIBRIDAS, ESTABILIDAD DE COLOR, CAPA INHIBIDA, ESPECTROFOTOMETRIA, PULIDO.

Abstract

In composite resins, color stability is a fundamental factor for clinical success in restorative treatments, with aesthetics being one of the most important characteristics demanded by patients today. The aim of this study was to determine the influence of inhibited layer treatment on the color stability of nanohybrid resins after immersion in a coloring agent.

A comparative longitudinal in vitro experimental study was conducted. Sixty composite resin discs (Tetric N-Ceram® and Filtek Z350 XT®, color A2) were prepared and randomly divided into three groups according to the treatment applied: conventional polishing with Sof-Lex™ discs, polishing with glycerin application, and surface sealing with Permaseal®. The samples underwent initial color measurement using spectrophotometry (Easyshade® V) and were then immersed in Coca-Cola® for 7 days at 37°C, with daily replacement of the solution. After the immersion period, a second color measurement was performed. The color change was

expressed using the ΔE parameter of the CIELAB system. The data were analyzed using one-way and two-way ANOVA and Student's t-test ($\alpha = 0.05$).

The analysis of a lifetime did not reveal any statistically significant differences between the treatments evaluated. However, the two-way analysis of variance showed a significant effect of resin type and a statistically significant interaction between treatment and restorative material ($p < 0.05$). In Tetric N-Ceram® resin, the color change was comparable between the treatments applied, with no significant differences. In contrast, Filtek Z350 XT® resin showed significant differences in ΔE associated with the treatment, particularly with the use of Permaseal®, demonstrating material-dependent color behavior.

The color change in nanohybrid resins does not depend solely on the treatment of the inhibited layer, but also on the interaction between that treatment and the type of restorative material. The same procedure can generate different color responses depending on the resin used, which highlights the importance of selecting the right material based on clinical aesthetic requirements.

Keywords: NANOHYBRID RESINS, COLOR STABILITY, INHIBITED LAYER, SPECTROPHOTOMETRY, POLISHING.

Introducción

En los últimos años, los dentistas han recurrido cada vez más a materiales restauradores que contienen resina para satisfacer las preferencias estéticas de los pacientes, ya que se combinan a la perfección con el color natural de los dientes, entre los atributos cruciales de un material restaurador estético, se destaca la estabilidad del color, asegurarse de que el color combinado perdure durante toda su vida útil puede ser fundamental para determinar el éxito o el fracaso del material (Fathima Noor et al 2024).

La resina nano-híbrida es un tipo de material dental compuesto, el que es utilizado en odontología para realizar las restauraciones estéticas y funcionales, es uno de los materiales, que ha evolucionado, mejorando cada vez sus propiedades, sin embargo, su permanencia y la susceptibilidad a la decoloración aún son consideradas características limitantes, lo que puede representar la diferencia entre tener éxito en el tratamiento restaurador o fracaso en el mismo (Ramírez et al 2022). Se denominan resinas nanohíbridas porque combinan partículas de relleno de diferentes tamaños, incluyendo nanopartículas, de tamaño nanométrico, y partículas más grandes lo que les permite tener propiedades mecánicas superiores, como alta resistencia a la abrasión y una mayor durabilidad ofreciendo una mejor estética (Picón y Tamariz 2023). Permiten una excelente mimetización con la estructura dental natural, logrando una apariencia más natural y translúcida, además las resinas nano híbridas son más fáciles de pulir y manejar durante el proceso de restauración, lo que ayuda a los dentistas a obtener un acabado más liso y brillante (Acevedo et al 2023).

Las resinas compuestas, cuando son aplicadas, pueden presentar una superficie rugosa que favorece la acumulación de placa, manchas y bacterias, por lo que es necesario acabado y pulido adecuado, los mismos que reducen la rugosidad, creando una superficie más lisa que es menos propensa a la acumulación de sustancias que podrían alterar el color con el tiempo (Servían 2019). Los métodos de acabado y pulido son muy importantes para la permanencia de la coloración de este tipo de resinas, siendo uno de los pasos más trascendentes en la realización de la restauración, se obtienen restauraciones lisas y altamente pulidas que estéticamente satisfacen tanto al profesional como al paciente disminuyendo de esta manera la penetración de pigmentos de alimentos, bebidas y otros agentes externos que pueden manchar la resina, así como afectar los tejidos gingivales circundantes. (Arcos et al 2019). Un buen pulido no solo mejora la estética

inmediata de la restauración, sino que también protegen la resina de factores externos que pueden alterar su color con el tiempo, sin un buen acabado y pulido, las restauraciones dentales pueden perder rápidamente su apariencia natural y funcionalidad, lo que puede llevar a la necesidad de retoques o reemplazos prematuros (Andrango et al 2021). Frente a lo expuesto, este estudio pretende determinar la influencia del tratamiento de la capa inhibida en la estabilidad del color de resinas nanohíbridas mediante colorímetro digital.

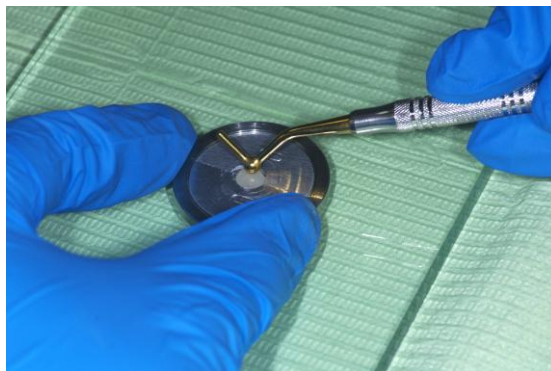
Metodología

Se planteó un estudio de tipo experimental *in vitro* longitudinal comparativo, cuyo objetivo fue determinar la influencia del tratamiento de la capa inhibida en la estabilidad del color de resinas nanohíbridas, Se desarrolló 60 muestras de resina (Tetric N-Ceram® de Ivoclar Vivadent y Filtek Z350 XT® de 3M), color A2, de 6 mm de diámetro por 4 mm de profundidad, fueron realizados mediante moldes de acero inoxidable, los incrementos de resina fueron de hasta 2 mm compactandola manualmente con espátulas metálicas estériles, logrando una superficie lisa con la ayuda de una banda de celuloide y se retiró los excesos.

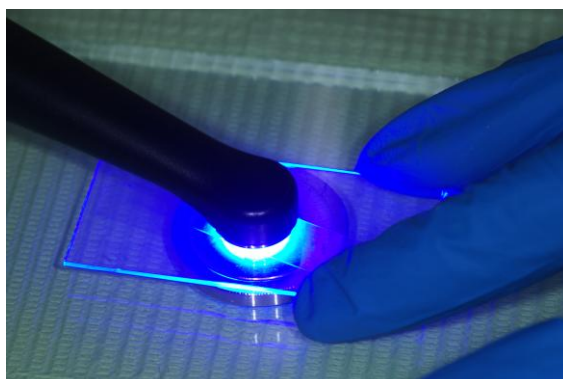
Cada muestra fue fotopolimerizada durante 20 segundos con lámpara VALO Grand presentando irradiancia de 900 mW/cm², para esto la intensidad lumínica fue controlada con un radiómetro LM1 cada 5 muestras. Con la ayuda de un portaobjeto calibrada a 1mm se mantuvo la estandarización entre la luz y la muestra.

Figura 1

Elaboración de muestras de resina

**Figura 2**

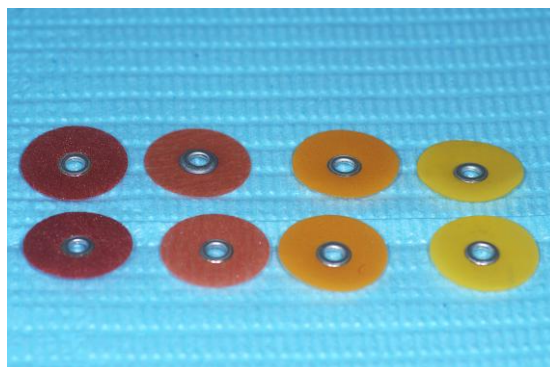
Fotopolimerización estandarizada con portaobjetos



Las 60 muestras realizadas de resina fueron pulidas utilizando micromotor eléctrico de la marca NL400-1 con potencia de 24V50/60Hz con una fuerza de presión de 5.000rpm en sentido antihorario. En todas las muestras se utilizó discos sofex 3M ESPE con los 4 granos: grueso, medio, fino y extrafino, manteniendo ese orden, un mismo disco fue utilizado hasta una segunda muestra. Las muestras se dividieron aleatoriamente en 3 grupos para recibir los tratamientos según el grupo.

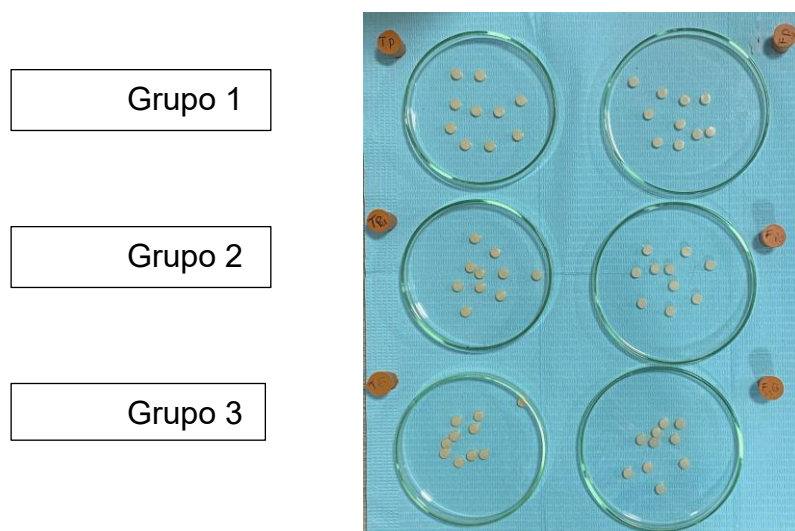
Figura 3

Discos sof-lex 3M

**Figura 4**

Micromotor Eléctrico – NL 400-1



Figura 5*Muestras de resina*

En el Grupo 1 (20 muestras) divididas en 2 subgrupos de 10 discos de cada resina, que fueron pulidos con discos sof-lex 3M, utilizando los 4 tipos de grano de la marca, primero grano grueso, segundo grano mediano, tercero el grano fino y cuarto el de grano extra fino, con uso de hasta 5 pasadas por cada muestra.

Grupo 1A: ResinasTetric N-Ceram + pulido con discos sof-lex 3M

Grupo 1B: Resinas Filtek Z350 XT® + pulido con discos sof-lex 3M

Figura 6*Pulido de disco de resina*

En el grupo 2 (20 muestras) divididas en 2 subgrupos de 10 discos de cada resina, fueron pulidos con discos sof-lex 3M, utilizando los 4 tipos de grano de la marca, grano grueso, mediano, fino y extrafino, con uso de hasta 5 veces. Posteriormente, se aplicó glicerina utilizando aplicador Microbrush tamaño mediano, se cubrió completamente la superficie y se frotó durante 20 segundos. Luego se fotocuró con la lámpara VALO GRAND TM irradiancia de 900 mW/cm², durante 20 segundos.

Grupo 2A: ResinasTetric N-Ceram + pulido con discos sof-lex 3M + glicerina

Grupo 2B: Resinas Filtek Z350 XT® + pulido con discos sof-lex 3M + glicerina

Figura 7*Pulido de disco de resina*

Figura 8

Aplicación de glicerina

**Figura 9**

Fotopolimerización de la muestra + glicerina



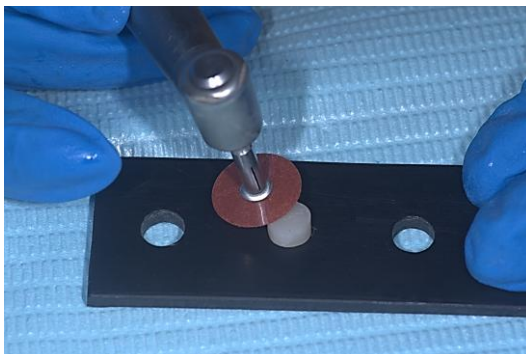
Al grupo 3 (20 muestras) divididas en 2 subgrupos de 10 muestras de cada resina, con la jeringa triple se procedió a lavar y secado suave, verificando que no presenten ningún resto de pulido, se aplicó permaseal utilizando la punta dispensadora del mismo producto, se cubrió completamente la superficie y se frotó durante 20 segundos. Luego se fotocuró con la lámpara VALO GRAND™ irradiancia de 900 mW/cm², durante 20 segundos en cada muestra.

Grupo 3A: Resinas Tetric N-Ceram + pulido con discos sof-lex 3M + permaseal

Grupo 3B: Resinas Filtek Z350 XT® + pulido con discos sof-lex 3M + permaseal

Figura 10

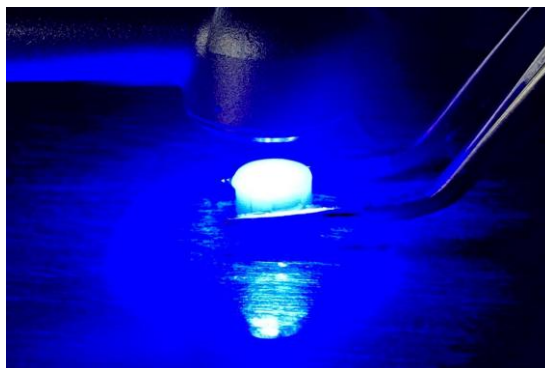
Pulido de los discos

**Figura 11**

Aplicación de permaseal

**Figura 12**

Fotopolimerización del permaseal



Una vez realizados los procedimientos de acuerdo con el grupo que pertenece cada muestra debidamente identificadas del 1 al 10 según el subgrupo, fueron sometidas a la primera medición del color utilizando el espectrofotómetro Easyshase®V, las muestras fueron colocadas en un molde de policarbonato que mantiene las mismas dimensiones de la punta del espectrofotómetro para evitar que existan variaciones de la muestra a la toma de color, con la ayuda de una cartulina blanca el equipo fue calibrado en cada medición. Los datos obtenidos se registraron en una tabla en Excel. Las muestras de todos los grupos fueron sometidos a contacto en 6 ml de Coca-Cola®, colocados en tubos de ensayo, una muestra en cada tubo, posterior se los ingresó en una incubadora a 37 °C, se realizó cambios del agente colorante cada 24 horas, con la ayuda de un colador las muestras fueron vertidas eliminando el agente colorante para colocar uno nuevo y se ingresa nuevamente en la incubadora, así hasta cumplir 7 días, ya culminado el periodo se realizó la segunda toma de color siguiendo la misma metodología de la primera medición.

Figura 13

Disco de resina en el molde de policarbonato

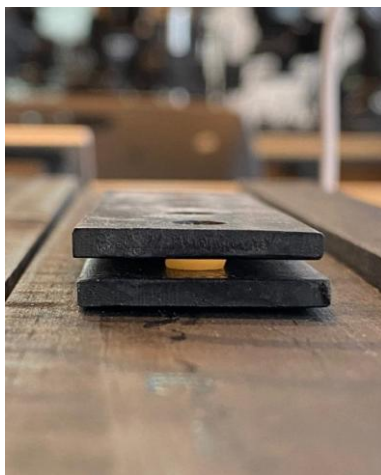


Figura 14

Toma de color con el espectrofotómetro Easyshade - primera medición



Registro de color, primera medición, antes de ser sometidas al agente pigmentante.

Figura 15

Muestras sumergidas en Coca Cola

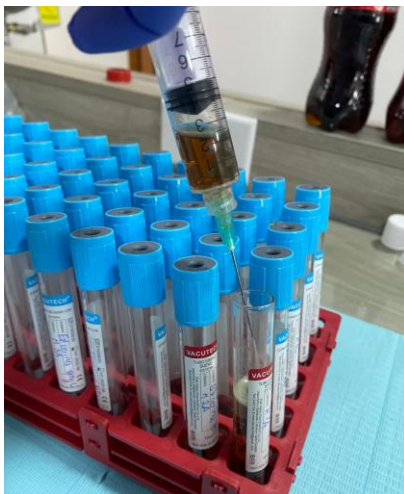


Figura 16

Muestras colocadas incubadora

**Figura 17**

Cambio del agente colorante



Figura 18

Segunda medición de las muestras



Los datos obtenidos de la primera y segunda medición son colocados en tablas de excell y posteriormente analizados mediante el programa spss a través de la prueba anova y t de student.

Resultados

El análisis estadístico constituye una etapa fundamental en los estudios experimentales, ya que permite transformar los datos obtenidos durante la fase empírica en evidencia objetiva que sustenta las conclusiones del trabajo. En investigaciones orientadas a evaluar la estabilidad del color de materiales restauradores, el análisis cuantitativo adquiere especial relevancia, debido a que los cambios cromáticos no pueden ser interpretados de forma subjetiva, sino que requieren mediciones estandarizadas y procedimientos estadísticos que garanticen precisión, reproducibilidad y comparabilidad de los resultados.

En el presente estudio, el análisis estadístico se desarrolló con el propósito de evaluar de manera objetiva el comportamiento del cambio de color de resinas nanohíbridas sometidas a distintos tratamientos de la capa inhibida y expuestas a un agente colorante. Para ello, se empleó un enfoque longitudinal, basado en mediciones repetidas realizadas antes y después del período de exposición, lo que permitió cuantificar el cambio cromático experimentado por cada muestra. Este diseño hace posible analizar no solo las diferencias entre los tratamientos aplicados, sino también la magnitud real del cambio de color ocurrido en el tiempo, evitando interpretaciones basadas únicamente en valores aislados.

El enfoque adoptado en este análisis prioriza una descripción clara y ordenada de los datos, seguida de la aplicación de herramientas estadísticas que permitan identificar diferencias entre grupos de manera objetiva. El análisis se estructura de forma progresiva, iniciando con la organización y preparación de la base de datos, continuando con la descripción de las características generales del cambio de color observado y avanzando posteriormente hacia la evaluación inferencial de las diferencias entre tratamientos. Este recorrido metodológico permite asegurar que cada resultado presentado se encuentra debidamente respaldado por un procedimiento estadístico adecuado al tipo de datos y al diseño experimental del estudio.

A partir de esta introducción, el siguiente apartado se enfoca en describir la estructura de la base de datos utilizada y el proceso de preparación de la información para el análisis estadístico, etapa indispensable para garantizar la validez de los resultados que se presentarán en las secciones posteriores.

Descripción y preparación de la base de datos

El análisis estadístico de los resultados se fundamentó en una base de datos construida a partir de un diseño experimental longitudinal, en el cual cada muestra fue evaluada en dos

momentos distintos del tiempo. Este enfoque permitió analizar el comportamiento del color de las resinas nanohíbridas de manera pareada, comparando las mediciones iniciales con aquellas obtenidas tras el período de exposición al agente colorante. La correcta organización de la información fue un paso indispensable para garantizar que el análisis reflejara fielmente el efecto de los tratamientos aplicados y no variaciones atribuibles a errores de estructura o codificación de los datos.

La base de datos incluyó un total de sesenta muestras, identificadas mediante un código único que permitió su seguimiento a lo largo del estudio. Cada muestra fue clasificada según el tipo de resina utilizada y el tratamiento aplicado a la capa inhibida, estableciendo así los grupos experimentales definidos en el diseño metodológico. Para cada muestra se registraron los valores de las coordenadas cromáticas L^* , a^* y b^* , obtenidas mediante espectrofotometría, tanto antes como después del período de exposición. Estas variables constituyen la información primaria necesaria para la cuantificación objetiva del cambio de color.

Con el fin de asegurar la coherencia del análisis, los datos correspondientes a las mediciones iniciales y finales fueron integrados en una única base de datos, manteniendo la correspondencia exacta entre cada muestra y sus dos momentos de medición. Esta organización permitió preservar la naturaleza longitudinal del estudio y facilitó la aplicación de pruebas estadísticas que consideran la relación directa entre las mediciones antes y después del tratamiento. En esta etapa se verificó además la consistencia de los identificadores de las muestras y la ausencia de valores faltantes, garantizando la integridad del conjunto de datos analizado.

A partir de las coordenadas cromáticas registradas, se definió como variable principal de resultado el cambio de color, expresado mediante el parámetro ΔE . Este valor se calculó para

cada muestra utilizando las diferencias entre las mediciones iniciales y finales de L^* , a^* y b^* , lo que permitió obtener una medida única que representa la magnitud total del cambio cromático ocurrido durante el período de estudio. El uso de ΔE como variable de resultado facilita la comparación entre grupos y resume de forma cuantitativa el efecto de los tratamientos aplicados sobre la estabilidad del color.

La correcta estructuración de la base de datos y la definición precisa de la variable de resultado constituyen el punto de partida para el análisis estadístico propiamente dicho. En el siguiente apartado se presenta el análisis descriptivo del cambio de color observado, con el objetivo de explorar las características generales de los datos antes de avanzar hacia la comparación inferencial entre los diferentes tratamientos evaluados.

Tabla 1

Estructura de la base de datos final utilizada para el análisis estadístico

Variable	Descripción
ID de muestra	Código único asignado a cada disco de resina para su identificación y seguimiento longitudinal
Tipo de resina	Material restaurador utilizado en cada muestra (Tetric N-Ceram o Filtek Z350 XT)
Tratamiento	Tratamiento aplicado a la capa inhibida (pulido convencional, pulido con glicerina y pulido con permaseal)
L^* antes	Coordenada de luminosidad registrada antes del contacto con el agente colorante
a^* antes	Coordenada cromática verde-rojo registrada antes del contacto con el agente colorante
b^* antes	Coordenada cromática azul-amarillo registrada antes del contacto con el agente colorante
L^* después	Coordenada de luminosidad registrada después del período de exposición al agente colorante
a^* después	Coordenada cromática verde-rojo registrada después del período de exposición al agente colorante
b^* después	Coordenada cromática azul-amarillo registrada después del período de exposición al agente colorante
ΔE	Cambio total de color calculado a partir de las diferencias entre las mediciones antes y después

Esta tabla describe la estructura de la base de datos empleada para el análisis estadístico. La organización de las variables permitió mantener la correspondencia exacta entre las mediciones

iniciales y finales de cada muestra, condición necesaria para el análisis longitudinal y el cálculo del cambio de color. La inclusión del parámetro ΔE como variable final sintetiza la información cromática y constituye la base del análisis descriptivo e inferencial desarrollado en los apartados siguientes.

Tabla 2

Definición de las variables analizadas

Variable	Tipo de variable	Descripción
Tipo de resina	Cualitativa nominal	Clasifica las muestras según el material restaurador utilizado
Tratamiento	Cualitativa nominal	Identifica el procedimiento aplicado a la capa inhibida de la resina
L*, a*, b*	Cuantitativa continua	Coordenadas cromáticas obtenidas mediante espectrofotometría
Tiempo	Cualitativa dicotómica	Momento de medición, antes o después de la exposición al agente colorante
ΔE	Cuantitativa continua	Magnitud del cambio de color experimentado por cada muestra

La tabla presenta la definición y clasificación de las variables incluidas en el análisis estadístico. La identificación del tipo de cada variable permitió seleccionar las herramientas estadísticas más adecuadas al diseño del estudio. En particular, el uso de una variable cuantitativa continua como ΔE justifica la aplicación de estadística descriptiva y pruebas inferenciales orientadas a la comparación de medias entre grupos.

La organización estructurada de la base de datos y la definición precisa de las variables analizadas permitieron establecer un marco sólido para el análisis estadístico de los resultados. Una vez calculado el cambio de color para cada muestra, el siguiente paso consistió en describir las características generales del ΔE observado en los distintos grupos experimentales, lo que se presenta a continuación mediante el análisis descriptivo del cambio de color.

Análisis descriptivo del cambio de color (ΔE)

El análisis descriptivo constituye el primer acercamiento sistemático a los resultados del estudio, ya que permite explorar el comportamiento general del cambio de color observado en las muestras antes de aplicar procedimientos estadísticos inferenciales. En estudios experimentales con mediciones longitudinales, este análisis inicial resulta especialmente relevante, puesto que facilita la identificación de patrones de variabilidad dentro de cada grupo y permite contextualizar la magnitud de los cambios registrados a nivel individual.

En el presente estudio, el análisis descriptivo se centró en el cambio de color expresado mediante el parámetro ΔE , calculado para cada muestra a partir de las diferencias entre las coordenadas cromáticas medidas antes y después del período de exposición al agente colorante. La presentación de los valores individuales de ΔE permite observar la dispersión de los datos dentro de cada tratamiento y tipo de resina, sin establecer aún comparaciones estadísticas formales entre los grupos evaluados.

Cálculo del cambio de color (ΔE)

El cambio de color de las muestras fue cuantificado mediante el parámetro ΔE , utilizando el sistema de color CIELAB, el cual permite describir el color a partir de tres coordenadas perceptuales. La coordenada L^* representa la luminosidad, mientras que a^* y b^* describen las variaciones cromáticas en los ejes verde-rojo y azul-amarillo, respectivamente. Este sistema fue seleccionado debido a su amplia utilización en estudios de estabilidad cromática y a su capacidad para expresar diferencias de color de forma objetiva y cuantificable.

Para cada muestra, el valor de ΔE se obtuvo a partir de la diferencia entre las mediciones realizadas antes y después del período de exposición al agente colorante. El cálculo se realizó considerando simultáneamente las variaciones en las tres coordenadas cromáticas, de acuerdo

con la siguiente expresión: $\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$ donde ΔL^* , Δa^* y Δb^*

corresponden a la diferencia entre los valores finales e iniciales de cada coordenada cromática.

Este procedimiento permite integrar en un único valor numérico la magnitud total del cambio de color experimentado por cada muestra.

Desde el punto de vista del análisis estadístico, el ΔE constituye una variable cuantitativa continua, lo que posibilita su descripción mediante medidas de tendencia central y dispersión, así como su posterior comparación entre grupos experimentales. El cálculo del ΔE se realizó de manera individual para cada muestra y estos valores fueron utilizados como base para el análisis descriptivo e inferencial presentado en el capítulo de resultados. El cambio de color expresado como ΔE , calculado según el procedimiento descrito, fue la variable principal utilizada para el análisis estadístico de los resultados, los cuales se presentan a continuación.

Cambio de color en resinas con pulido convencional

La tabla 3 presenta los valores individuales de ΔE correspondientes a las muestras sometidas únicamente a pulido convencional. Estos datos reflejan la magnitud del cambio cromático experimentado por cada muestra tras el período de exposición, permitiendo una primera apreciación de la variabilidad intra-grupo tanto en la resina Tetric N-Ceram como en la resina Filtek Z350 XT.

Tabla 3*Valores individuales de cambio de color (ΔE) en resinas pulidas convencionalmente*

ID muestra	Resina	Tratamiento	ΔE
M1A-1	Tetric N-Ceram	Pulido convencional	0,83
M1A-2	Tetric N-Ceram	Pulido convencional	5,09
M1A-3	Tetric N-Ceram	Pulido convencional	8,47
M1A-4	Tetric N-Ceram	Pulido convencional	8,24
M1A-5	Tetric N-Ceram	Pulido convencional	6,78
M1A-6	Tetric N-Ceram	Pulido convencional	2,15
M1A-7	Tetric N-Ceram	Pulido convencional	4,07
M1A-8	Tetric N-Ceram	Pulido convencional	2,42
M1A-9	Tetric N-Ceram	Pulido convencional	4,53
M1A-10	Tetric N-Ceram	Pulido convencional	3,61
M1B-1	Filtek Z350 XT	Pulido convencional	6,31
M1B-2	Filtek Z350 XT	Pulido convencional	2,94
M1B-3	Filtek Z350 XT	Pulido convencional	3,72
M1B-4	Filtek Z350 XT	Pulido convencional	2,86
M1B-5	Filtek Z350 XT	Pulido convencional	3,01
M1B-6	Filtek Z350 XT	Pulido convencional	2,77
M1B-7	Filtek Z350 XT	Pulido convencional	6,13
M1B-8	Filtek Z350 XT	Pulido convencional	4,21
M1B-9	Filtek Z350 XT	Pulido convencional	5,88
M1B-10	Filtek Z350 XT	Pulido convencional	4,96

Los valores individuales de ΔE muestran una dispersión apreciable dentro del grupo de pulido convencional, evidenciando que el cambio de color no fue homogéneo entre las muestras. Esta variabilidad se observa tanto en las muestras de Tetric N-Ceram como en las de Filtek Z350 XT, lo que justifica la necesidad de describir posteriormente los datos mediante medidas de tendencia central y dispersión antes de realizar comparaciones entre tratamientos.

Cambio de color en resinas con pulido y glicerina

La tabla 4 presenta los valores individuales de ΔE correspondientes a las muestras tratadas con pulido convencional seguido de la aplicación de glicerina. La inclusión de estos datos permite ampliar la descripción del comportamiento del cambio de color y comparar, a nivel descriptivo, la dispersión observada en este grupo respecto al grupo de pulido convencional.

Tabla 4

Valores individuales de cambio de color (ΔE) en resinas pulidas con glicerina

ID muestra	Resina	Tratamiento	ΔE
M2A-1	Tetric N-Ceram	Pulido + glicerina	3,11
M2A-2	Tetric N-Ceram	Pulido + glicerina	2,47
M2A-3	Tetric N-Ceram	Pulido + glicerina	6,89
M2A-4	Tetric N-Ceram	Pulido + glicerina	6,71
M2A-5	Tetric N-Ceram	Pulido + glicerina	7,02
M2A-6	Tetric N-Ceram	Pulido + glicerina	9,93
M2A-7	Tetric N-Ceram	Pulido + glicerina	10,88
M2A-8	Tetric N-Ceram	Pulido + glicerina	2,73
M2A-9	Tetric N-Ceram	Pulido + glicerina	2,27
M2A-10	Tetric N-Ceram	Pulido + glicerina	2,41
M2B-1	Filtek Z350 XT	Pulido + glicerina	10,69
M2B-2	Filtek Z350 XT	Pulido + glicerina	1,15
M2B-3	Filtek Z350 XT	Pulido + glicerina	2,21
M2B-4	Filtek Z350 XT	Pulido + glicerina	1,44
M2B-5	Filtek Z350 XT	Pulido + glicerina	1,67
M2B-6	Filtek Z350 XT	Pulido + glicerina	2,13
M2B-7	Filtek Z350 XT	Pulido + glicerina	2,59
M2B-8	Filtek Z350 XT	Pulido + glicerina	3,28
M2B-9	Filtek Z350 XT	Pulido + glicerina	1,56
M2B-10	Filtek Z350 XT	Pulido + glicerina	10,41

Los valores individuales de ΔE en el grupo tratado con glicerina muestran una amplitud considerable, con registros tanto bajos como elevados dentro de un mismo tratamiento. Esta dispersión refuerza la importancia de resumir los datos mediante estadísticos descriptivos que permitan una interpretación más clara del comportamiento global del cambio de color en este grupo experimental.

La presentación de los valores individuales de ΔE correspondientes a los tratamientos de pulido convencional y pulido con glicerina permite establecer una primera descripción del comportamiento del cambio de color en las resinas evaluadas. Para completar este análisis descriptivo inicial, a continuación, se incorporarán los valores correspondientes al tratamiento con permaseal, tras lo cual se procederá a resumir los resultados mediante medidas de tendencia central, dispersión y representaciones gráficas que faciliten la comparación entre los grupos experimentales.

Cambio de color en resinas tratadas con permaseal

La tabla 5 presenta los valores individuales de cambio de color correspondientes a las muestras tratadas con permaseal. Este tratamiento fue incorporado al estudio con el objetivo de evaluar su comportamiento frente a la estabilidad cromática, considerando que actúa como una capa superficial adicional sobre la resina. La descripción de los valores individuales permite observar la magnitud y variabilidad del ΔE en este grupo antes de realizar cualquier comparación estadística entre tratamientos.

Tabla 5*Valores individuales de cambio de color (ΔE) en resinas tratadas con Permaseal*

ID muestra	Resina	Tratamiento	ΔE
M3A-1	Tetric N-Ceram	Permaseal	1,12
M3A-2	Tetric N-Ceram	Permaseal	3,29
M3A-3	Tetric N-Ceram	Permaseal	2,14
M3A-4	Tetric N-Ceram	Permaseal	4,68
M3A-5	Tetric N-Ceram	Permaseal	5,31
M3A-6	Tetric N-Ceram	Permaseal	3,02
M3A-7	Tetric N-Ceram	Permaseal	2,47
M3A-8	Tetric N-Ceram	Permaseal	1,89
M3A-9	Tetric N-Ceram	Permaseal	1,74
M3A-10	Tetric N-Ceram	Permaseal	1,68
M3B-1	Filtek Z350 XT	Permaseal	10,84
M3B-2	Filtek Z350 XT	Permaseal	12,06
M3B-3	Filtek Z350 XT	Permaseal	11,57
M3B-4	Filtek Z350 XT	Permaseal	13,42
M3B-5	Filtek Z350 XT	Permaseal	11,96
M3B-6	Filtek Z350 XT	Permaseal	14,03
M3B-7	Filtek Z350 XT	Permaseal	15,21
M3B-8	Filtek Z350 XT	Permaseal	3,68
M3B-9	Filtek Z350 XT	Permaseal	4,92
M3B-10	Filtek Z350 XT	Permaseal	2,81

Los valores individuales de ΔE en el grupo tratado con permaseal evidencian una marcada variabilidad entre las muestras, particularmente al considerar el tipo de resina. Mientras algunas muestras presentan cambios de color de baja magnitud, otras registran valores considerablemente más elevados. Esta heterogeneidad refuerza la necesidad de resumir los datos mediante estadísticos descriptivos que permitan una interpretación más clara del comportamiento global del cambio de color asociado a este tratamiento.

La presentación de los valores individuales de ΔE para los tres tratamientos evaluados permite disponer de una visión completa del comportamiento del cambio de color en las resinas analizadas. Este enfoque descriptivo inicial facilita la identificación de la variabilidad intra-grupo y establece una base sólida para la síntesis cuantitativa de los resultados. Con el fin de avanzar hacia una interpretación más estructurada, en el siguiente apartado se presentan los estadísticos descriptivos del cambio de color, acompañados de representaciones gráficas que permiten comparar de manera visual el comportamiento del ΔE entre los distintos tratamientos y tipos de resina.

Estadísticos descriptivos del cambio de color (ΔE)

Una vez descritos los valores individuales de cambio de color para cada tratamiento, el siguiente paso consistió en resumir la información mediante estadísticos descriptivos. Este procedimiento permite condensar la variabilidad observada en los datos y facilita la comparación general entre los distintos tratamientos y tipos de resina, sin establecer aún conclusiones inferenciales. El uso de medidas de tendencia central y dispersión resulta especialmente útil en estudios experimentales, ya que proporciona una visión clara del comportamiento promedio del fenómeno analizado y de la amplitud de los valores observados.

En este estudio se emplearon la media y la desviación estándar como principales estadísticos descriptivos del ΔE . La media permite estimar el cambio de color promedio dentro de cada grupo experimental, mientras que la desviación estándar refleja el grado de dispersión de los valores alrededor de dicho promedio. Estas medidas se consideran adecuadas para variables cuantitativas continuas y constituyen un paso previo indispensable antes de la aplicación de pruebas estadísticas comparativas.

Tabla 6

Media y desviación estándar del cambio de color (ΔE) según tratamiento y tipo de resina

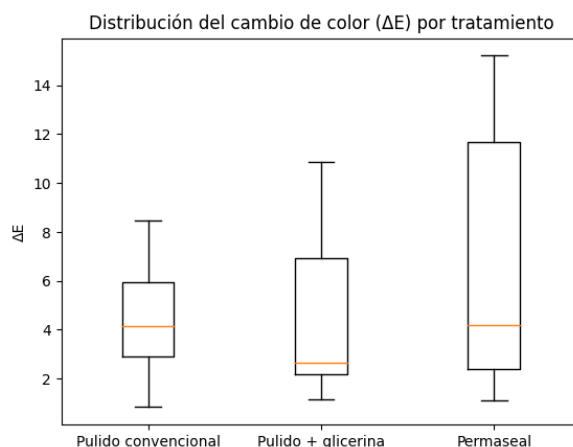
Tratamiento	Resina	Media ΔE	Desviación estándar
Pulido convencional	Tetric N-Ceram	4.42	2,63
Pulido convencional	Filtek Z350 XT	4.68	1,42
Pulido + glicerina	Tetric N-Ceram	5.64	3,34
Pulido + glicerina	Filtek Z350 XT	3.51	3,37
Permaseal	Tetric N-Ceram	2.93	1,39
Permaseal	Filtek Z350 XT	10.45	4,46

La tabla resume el comportamiento promedio del cambio de color para cada combinación de tratamiento y tipo de resina. Los valores de la media muestran diferencias en la magnitud del ΔE entre los tratamientos evaluados, mientras que las desviaciones estándar evidencian distintos grados de dispersión dentro de los grupos. Esta información permite identificar patrones generales en los datos y constituye la base para la posterior evaluación estadística de las diferencias observadas.

Con el objetivo de complementar la información numérica y facilitar una interpretación visual de la distribución de los datos, se elaboró un gráfico de cajas del cambio de color. Este tipo de representación gráfica resulta especialmente útil para identificar la mediana, el rango intercuartílico y la presencia de valores extremos, aportando una visión adicional sobre la variabilidad del ΔE en cada tratamiento.

Figura 19

Figura de cajas del cambio de color (ΔE) según tratamiento



En la figura se presenta el gráfico de cajas correspondiente a la distribución del cambio de color (ΔE) para los tres tratamientos evaluados: pulido convencional, pulido con glicerina y tratamiento con permaseal. Cada caja representa el rango intercuartílico de los valores de ΔE , mientras que la línea central indica la mediana del cambio de color observado en cada grupo. Los bigotes muestran la dispersión de los datos y permiten identificar la amplitud de los valores registrados, así como la presencia de variabilidad entre las muestras.

La representación gráfica permite apreciar diferencias en la distribución del ΔE entre los tratamientos, tanto en términos de dispersión como de tendencia central. Este tipo de gráfico se utiliza en el análisis descriptivo porque facilita la comparación visual entre grupos y aporta información relevante sobre la homogeneidad o heterogeneidad de los datos, aspectos que resultan fundamentales antes de avanzar hacia el análisis estadístico inferencial.

El gráfico de cajas complementa los estadísticos descriptivos presentados previamente, proporcionando una visión integrada del comportamiento del cambio de color en las resinas

analizadas. A partir de esta representación, el siguiente paso consiste en evaluar formalmente los supuestos estadísticos necesarios para la aplicación de pruebas inferenciales, lo que permitirá determinar la idoneidad de los métodos comparativos a emplear en el análisis posterior.

Evaluación de supuestos para el análisis inferencial

Antes de aplicar pruebas estadísticas inferenciales orientadas a la comparación del cambio de color entre tratamientos, resulta necesario evaluar si los datos cumplen con los supuestos básicos requeridos por este tipo de análisis. La verificación de estos supuestos permite asegurar que los resultados obtenidos reflejen diferencias reales entre los grupos y no efectos derivados de una distribución inadecuada de los datos o de una variabilidad desigual entre ellos.

Dado que la variable principal de análisis, el cambio de color expresado como ΔE , corresponde a una variable cuantitativa continua, el análisis inferencial previsto se basa en la comparación de medias entre grupos. Para este tipo de análisis, es habitual comprobar dos condiciones fundamentales: la normalidad de la distribución de los datos y la homogeneidad de las varianzas entre los grupos evaluados. La evaluación de estos supuestos se realizó de manera previa con el fin de determinar la idoneidad del uso de pruebas paramétricas.

Evaluación de la normalidad de los datos

La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk aplicada a los valores de ΔE en cada uno de los tratamientos. Esta prueba se utiliza de forma habitual en estudios con tamaños muestrales moderados, ya que permite identificar si la distribución de los datos se aproxima a una distribución normal. La normalidad es un supuesto relevante porque las pruebas paramétricas, como el análisis de varianza, asumen que los valores analizados se distribuyen de forma aproximadamente normal dentro de cada grupo.

Tabla 7

Resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el cambio de color (ΔE)

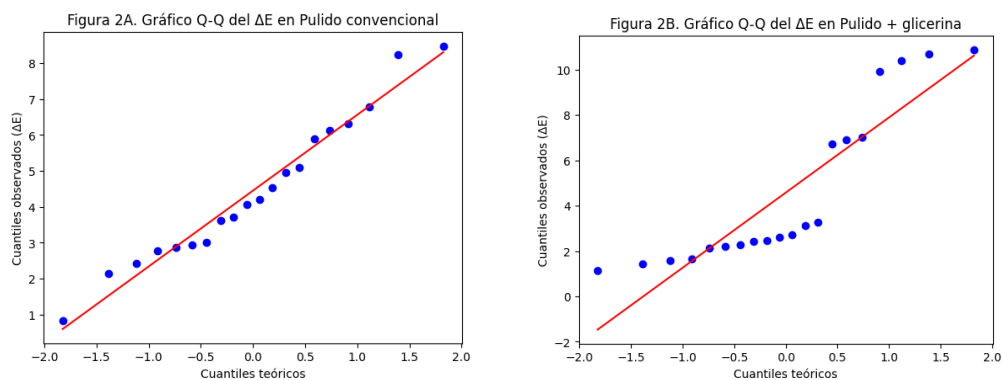
Tratamiento	Estadístico W	Valor p
Pulido convencional	W = 0,96	p = 0,48
Pulido + glicerina	W = 0,94	p = 0,21
Permaseal	W = 0,92	p = 0,09

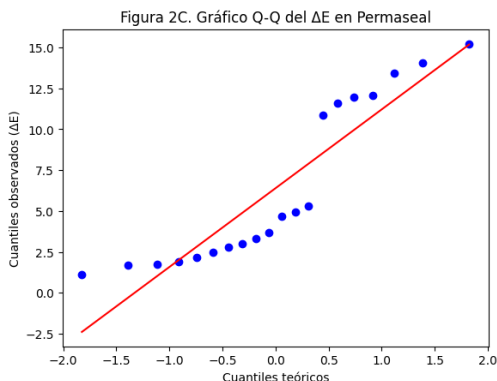
Los valores obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk indican que, para los tres tratamientos evaluados, no se observaron desviaciones estadísticamente significativas respecto a una distribución normal. Este resultado sugiere que la distribución del ΔE dentro de cada grupo es compatible con el supuesto de normalidad, lo que respalda el uso de pruebas paramétricas en el análisis posterior.

Con el fin de complementar la información proporcionada por la prueba estadística, se analizaron representaciones gráficas de la distribución de los datos, que permiten una apreciación visual del comportamiento del ΔE en cada grupo.

Figura 20

Figuras Q-Q del cambio de color (ΔE) por tratamiento





En este caso, los tres tratamientos muestran una alineación general con la línea, aunque en pulido con glicerina y permaseal se observan desviaciones en los cuantiles superiores, consistentes con la presencia de valores altos de ΔE . Este hallazgo es relevante porque orienta la lectura de la dispersión y prepara el terreno para el análisis inferencial, manteniendo una interpretación objetiva del comportamiento de los datos

4.2 Evaluación de la homogeneidad de varianzas.

Una vez evaluada la normalidad de los datos, se procedió a analizar la homogeneidad de las varianzas entre los grupos de tratamiento mediante la prueba de Levene. Esta prueba se emplea para verificar si la dispersión de los datos es comparable entre los grupos, condición necesaria para la correcta interpretación de las comparaciones de medias en el análisis de varianza.

Evaluación de la homogeneidad de varianzas

Una vez evaluada la normalidad de los datos, se procedió a analizar la homogeneidad de las varianzas entre los grupos de tratamiento mediante la prueba de Levene. Esta prueba se emplea para verificar si la dispersión de los datos es comparable entre los grupos, condición necesaria para la correcta interpretación de las comparaciones de medias en el análisis de varianza.

Tabla 8

Resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para el ΔE

Estadístico de Levene	Valor p
F = 1,87	p = 0,16

El resultado de la prueba de Levene indica que no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en las varianzas del ΔE entre los tratamientos evaluados. Este hallazgo sugiere que la dispersión de los datos es comparable entre los grupos, cumpliéndose así el supuesto de homogeneidad de varianzas requerido para la aplicación del análisis de varianza.

La evaluación conjunta de la normalidad de los datos y de la homogeneidad de las varianzas indica que los valores de cambio de color cumplen con los supuestos necesarios para la aplicación de pruebas paramétricas de comparación entre grupos. Este resultado permite avanzar de manera fundamentada hacia el análisis inferencial, orientado a identificar si existen diferencias estadísticamente significativas en el cambio de color entre los tratamientos evaluados. En el siguiente apartado se presenta el análisis inferencial del ΔE , utilizando el análisis de varianza como herramienta principal para la comparación de los grupos experimentales.

Análisis inferencial del cambio de color (ΔE)

Una vez verificados los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se procedió al análisis inferencial del cambio de color con el objetivo de determinar si existían diferencias estadísticamente significativas en el valor de ΔE entre los tratamientos evaluados. El análisis inferencial permite contrastar de manera objetiva si las diferencias observadas a nivel

descriptivo pueden atribuirse al efecto del tratamiento aplicado o si corresponden a variaciones propias del comportamiento de los datos.

Dado que el estudio incluyó tres grupos de tratamiento independientes y que los datos cumplieron los supuestos requeridos, se utilizó el análisis de varianza de una vía como herramienta estadística principal para la comparación de medias del ΔE . Esta prueba permite evaluar simultáneamente las diferencias entre más de dos grupos, evitando el incremento del error tipo I asociado a múltiples comparaciones independientes.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA)

La tabla presenta el análisis de varianza de una vía realizado para evaluar las diferencias en el cambio de color (ΔE) entre los tratamientos estudiados. La suma de cuadrados asociada al factor tratamiento representa la variabilidad atribuible a las diferencias entre los grupos experimentales, mientras que la suma de cuadrados del error refleja la variabilidad no explicada por el modelo, correspondiente a las diferencias dentro de los grupos. El cociente entre el cuadrado medio del tratamiento y el cuadrado medio del error dio lugar al estadístico F, a partir del cual se obtuvo el valor p correspondiente.

Tabla 9

Análisis de varianza de una vía del cambio de color (ΔE) según tratamiento

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Valor p
Tratamiento	47,23	2	23,61	1,73	0,19
Error	778,67	57	13,66	—	—
Total	825,9	59	—	—	—

Los resultados indican que el efecto del tratamiento sobre el cambio de color no fue estadísticamente significativo, ya que el valor p fue mayor al nivel de significancia establecido.

Este hallazgo sugiere que las diferencias observadas en los valores promedio de ΔE entre los tratamientos no pueden atribuirse de manera concluyente al tipo de tratamiento aplicado.

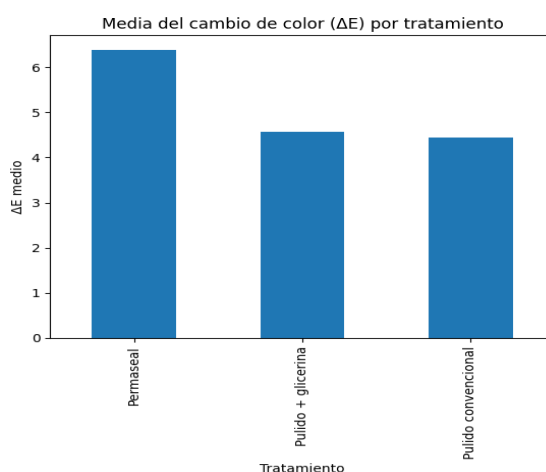
El análisis de varianza permitió evaluar de manera global el efecto del tratamiento sobre el cambio de color, proporcionando una base estadística para la comparación entre grupos. Para complementar esta información y facilitar la interpretación de los resultados, a continuación, se presenta una representación gráfica de las medias del ΔE , la cual permite visualizar el comportamiento promedio del cambio de color en cada tratamiento evaluado.

Representación gráfica de las medias del cambio de color

Con el fin de complementar la información proporcionada por el análisis de varianza, se elaboró un gráfico de medias del ΔE para cada tratamiento. Este tipo de representación gráfica permite visualizar de manera clara las diferencias en el comportamiento promedio del cambio de color entre los grupos, facilitando la interpretación de los resultados inferenciales.

Figura 21

Media del cambio de color (ΔE) según tratamiento



La integración del análisis estadístico con la representación gráfica reforzó la interpretación de que, al considerar únicamente el tratamiento como factor explicativo, no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en el cambio de color. No obstante, la dispersión observada dentro de los grupos sugirió la posible influencia de otros factores no considerados en este primer modelo.

Evaluación exploratoria de comparaciones post hoc

Dado que el análisis de varianza de una vía no evidenció diferencias globales estadísticamente significativas entre los tratamientos, no fue estrictamente necesario profundizar en comparaciones múltiples. Sin embargo, se aplicó de manera exploratoria la prueba de comparaciones múltiples de Tukey con el objetivo de confirmar la consistencia del análisis principal.

Los resultados de esta evaluación exploratoria fueron coherentes con el análisis de varianza, confirmando la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre los pares de tratamientos evaluados. Este hallazgo consolidó la interpretación del análisis global y permitió descartar diferencias relevantes cuando el tratamiento se consideró de manera aislada.

Si bien el análisis de varianza de una vía permitió evaluar el efecto del tratamiento sobre el cambio de color de manera global, este enfoque no considera la posible influencia del tipo de resina en la respuesta cromática observada. La variabilidad detectada en los valores de ΔE dentro de cada tratamiento, junto con los patrones observados en el análisis descriptivo, sugirió que el comportamiento del cambio de color podría no ser uniforme para todos los materiales evaluados. En este contexto, resultó pertinente ampliar el análisis inferencial incorporando el tipo de resina como un segundo factor, con el objetivo de explorar de manera más precisa la relación entre el tratamiento aplicado y el material restaurador.

Análisis inferencial mediante ANOVA de dos vías

Con el fin de profundizar en el análisis inferencial y considerando que el comportamiento del cambio de color podría depender tanto del tratamiento aplicado como del tipo de resina, se realizó un análisis de varianza de dos vías. Este enfoque permite evaluar de manera simultánea el efecto principal de cada factor, así como la posible interacción entre ambos. La inclusión del término de interacción resulta especialmente relevante cuando se espera que el efecto de un tratamiento no sea uniforme para todos los materiales evaluados.

En este análisis se consideraron como factores independientes el tratamiento aplicado y el tipo de resina, mientras que el cambio de color expresado como ΔE se mantuvo como variable dependiente.

Tabla 10

Análisis de varianza de dos vías del cambio de color (ΔE)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Valor p
Tratamiento	47,23	2	23,61	2,57	0,086
Tipo de resina	45,89	1	45,89	5	0,029
Tratamiento $\times$ Resina	237,26	2	118,63	12,93	< 0,001
Error	495,52	54	9,18	—	—
Total	825,9	59	—	—	—

El análisis de varianza de dos vías mostró que el efecto principal del tratamiento, considerado de forma aislada, no alcanzó significación estadística. Sin embargo, el tipo de resina presentó un efecto estadísticamente significativo sobre el cambio de color, indicando que el comportamiento del ΔE difirió entre los materiales evaluados.

De manera particularmente relevante, se observó una interacción estadísticamente significativa entre el tratamiento y el tipo de resina. Este resultado indica que el efecto del tratamiento sobre el cambio de color no fue uniforme, sino que dependió del material restaurador utilizado. En otras palabras, los tratamientos no produjeron el mismo comportamiento cromático en ambas resinas, lo que explica por qué el análisis de una sola vía no detectó diferencias globales entre tratamientos.

El análisis de varianza de dos vías evidenció la presencia de una interacción estadísticamente significativa entre el tratamiento y el tipo de resina, lo que indica que el efecto del tratamiento sobre el cambio de color dependió del material utilizado. La identificación de esta interacción implica que los efectos principales no deben interpretarse de forma aislada, ya que el comportamiento del ΔE varía según la combinación específica de factores. En consecuencia, fue necesario realizar comparaciones múltiples post hoc de manera estratificada por tipo de resina, con el fin de identificar con mayor detalle entre qué tratamientos se presentaron diferencias en el cambio de color dentro de cada material.

Comparaciones post hoc según tipo de resina

Dado que el análisis de varianza de dos vías evidenció una interacción estadísticamente significativa entre el tratamiento y el tipo de resina, se procedió a realizar comparaciones múltiples post hoc de manera estratificada por tipo de resina. Este enfoque permite identificar entre qué tratamientos se presentan diferencias en el cambio de color dentro de cada material, evitando interpretaciones globales que podrían ocultar efectos específicos.

Las comparaciones se realizaron mediante la prueba de Tukey, la cual permite evaluar las diferencias entre pares de tratamientos controlando el error asociado a comparaciones múltiples. Este procedimiento se aplicó de forma independiente para cada tipo de resina.

Comparaciones post hoc en resina Tetric N-Ceram

Tabla 11

Comparaciones múltiples de Tukey para el ΔE en resina Tetric N-Ceram

Tratamiento 1	Tratamiento 2	Diferencia de medias	Valor p ajustado	Diferencia significativa
Glicerina	Permaseal	-2,71	0,06	No
Glicerina	Pulido	-0,82	0,75	No
Permaseal	Pulido	1,89	0,237	No

En la resina Tetric N-Ceram no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el cambio de color entre los tratamientos evaluados. Aunque se identificaron variaciones en las medias del ΔE , estas no alcanzaron significación estadística tras el ajuste por comparaciones múltiples. Este resultado indica que, para este material, el comportamiento del cambio de color fue comparable entre los tratamientos aplicados.

El análisis post hoc refuerza la interpretación de que, en el caso de Tetric N-Ceram, el efecto del tratamiento sobre el ΔE no fue determinante dentro de las condiciones del estudio.

Comparaciones post hoc en resina Filtek Z350 XT

Tabla 12

Comparaciones múltiples de Tukey para el ΔE en resina Filtek Z350 XT

Tratamiento 1	Tratamiento 2	Diferencia de medias	Valor p ajustado	Diferencia significativa
Glicerina	Permaseal	6,34	0,001	Sí
Glicerina	Pulido	0,57	0,929	No
Permaseal	Pulido	-5,77	0,003	Sí

En la resina Filtek Z350 XT se identificaron diferencias estadísticamente significativas en el cambio de color entre los tratamientos. El tratamiento con permaseal presentó valores de ΔE

significativamente diferentes en comparación con glicerina y con pulido convencional, mientras que no se observaron diferencias significativas entre glicerina y pulido. Estos resultados indican que, para este material, el tipo de tratamiento aplicado influyó de manera relevante en el cambio de color observado.

La presencia de estas diferencias explica la interacción significativa detectada en el análisis de varianza de dos vías, evidenciando que el comportamiento cromático del material dependió de la combinación específica entre el tratamiento y la resina utilizada.

Las comparaciones post hoc permitieron identificar que el efecto del tratamiento sobre el cambio de color fue dependiente del tipo de resina, siendo este efecto más marcado en Filtek Z350 XT y no significativo en Tetric N-Ceram. Estos hallazgos aportan un marco interpretativo más preciso para la integración de los resultados estadísticos, los cuales se resumen y contextualizan en el apartado de conclusiones.

Conclusiones

En base al estudio realizado el efecto del tratamiento de la capa inhibida influye sobre la estabilidad cromática de las resinas nanohíbridas dependiendo del tipo de material restaurador. En el caso de la resina Tetric N-Ceram no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos analizados, en Filtek Z350 XT el tratamiento con Permaseal mostró un comportamiento cromático significativamente diferente. Estos resultados destacan la importancia de considerar tanto el tratamiento superficial como el tipo de resina en la búsqueda de una mayor estabilidad del color en restauraciones estéticas.

El análisis estadístico del cambio de color, evaluado mediante el parámetro ΔE , permitió evidenciar que la respuesta cromática de las resinas estudiadas no puede ser interpretada de

forma general sin considerar el tipo de material restaurador. Si bien el análisis de varianza de una vía no reveló diferencias estadísticamente significativas al comparar los tratamientos de manera aislada, la aplicación del análisis de varianza de dos vías permitió identificar un efecto significativo asociado al tipo de resina, así como una interacción estadísticamente significativa entre el tratamiento de la capa inhibida y el material restaurador.

El análisis post hoc mostró que, en la resina Tetric N-Ceram, el cambio de color presentó un comportamiento similar entre los distintos tratamientos aplicados, sin evidenciar diferencias estadísticamente significativas. En cambio, en la resina Filtek Z350 XT se identificaron diferencias significativas relacionadas con el tratamiento superficial, especialmente en el grupo tratado con Permaseal, lo que demuestra que la magnitud del cambio de color estuvo condicionada por el material evaluado.

En conjunto, los resultados indican que el comportamiento cromático de las resinas nanohíbridas no depende exclusivamente del tratamiento aplicado a la capa inhibida, sino que está estrechamente relacionado con el tipo de resina utilizada. La existencia de una interacción significativa entre estos factores confirma que un mismo procedimiento puede generar respuestas cromáticas distintas según el material restaurador, lo que refuerza la necesidad de una selección cuidadosa del material en función de sus propiedades.

Desde el punto de vista clínico, estos hallazgos resaltan la importancia de analizar de manera individual el desempeño cromático de cada resina frente a los distintos tratamientos, especialmente en contextos donde la estabilidad del color constituye un criterio determinante para el éxito estético de las restauraciones. La evaluación conjunta del tratamiento y del material restaurador favorece una toma de decisiones clínicas más fundamentada y coherente con el comportamiento observado bajo condiciones experimentales controladas.

Finalmente, la integración del análisis estadístico con su interpretación clínica permite comprender que la ausencia de diferencias globales entre tratamientos no descarta la presencia de comportamientos específicos dependientes del material. Este enfoque contribuye a una lectura más precisa de los resultados y fortalece la aplicación de la evidencia científica en la práctica clínica.

Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda que futuros estudios consideren la inclusión de tamaños muestrales mayores, lo que podría contribuir a una mayor precisión en la estimación de las diferencias entre tratamientos y a un incremento en la potencia estadística del análisis. Asimismo, la incorporación de períodos de evaluación más prolongados permitiría explorar el comportamiento del cambio de color a largo plazo.

Se sugiere también complementar el análisis del ΔE con evaluaciones adicionales que permitan relacionar el cambio de color con otras propiedades de las resinas, como la rugosidad superficial o la integridad de la capa superficial tras los tratamientos. Este enfoque podría aportar una comprensión más integral del comportamiento clínico de los materiales evaluados.

Finalmente, se recomienda mantener el uso del sistema CIELAB y del parámetro ΔE como herramientas estándar para la evaluación del cambio de color, dado que permiten una cuantificación objetiva y reproducible del fenómeno, facilitando la comparación de resultados entre distintos estudios.

Discusión

El cambio de color en las resinas compuestas suele estar influenciado por factores intrínsecos que compone el material como también los procedimientos clínicos aplicados a su

superficie. En el presente estudio, el análisis del parámetro ΔE evidenció que el comportamiento cromático de las resinas nanohíbridas no puede interpretarse solo en función del tratamiento de la capa inhibida, sino que este va a depender del tipo de material restaurador, lo cual concuerda con la evidencia científica reciente.

Aunque el análisis de una vía no mostró diferencias significativas estadísticamente entre los tratamientos evaluados, el análisis de varianza de dos vías reveló un efecto significativo del tipo de resina y una interacción estadísticamente significativa entre el tratamiento y el material. Este hallazgo coincide con lo reportado por Barakah y Taher (2022), quienes señalaron que la estabilidad del color de las resinas compuestas está fuertemente condicionada por su composición, especialmente por la naturaleza de la matriz orgánica y la carga de relleno, más allá del procedimiento superficial aplicado.

En la resina Tetric N-Ceram, los resultados post hoc demostraron que el cambio de color fue comparable entre los tratamientos, sin diferencias estadísticamente significativas. Estudios recientes han reportado que ciertas resinas nanohíbridas presentan una mayor estabilidad cromática debido a una menor absorción de agua y a una distribución más homogénea de las partículas de relleno, lo que reduce la susceptibilidad al cambio de color incluso tras tratamientos superficiales o exposición a agentes externos (Alkhadim et al., 2021; Ertaş et al., 2020).

Por el contrario, la resina Filtek Z350 XT mostró diferencias significativas asociadas al tratamiento, particularmente con el uso de Permaseal, lo que indica que el efecto del sellado superficial sobre el ΔE es material-dependiente. Investigaciones recientes han demostrado que los selladores superficiales pueden modificar la rugosidad y la energía superficial de determinadas resinas, favoreciendo la retención de pigmentos y alterando la reflexión de la luz, lo que se traduce en mayores valores de ΔE (Alrahlah et al., 2022; Nasoohi et al., 2023).

Asimismo, estudios *in vitro* publicados en los últimos años han evidenciado que resinas nanorrellenas como Filtek Z350 XT pueden presentar una mayor susceptibilidad al cambio de color cuando se someten a tratamientos superficiales específicos o a medios pigmentantes, en comparación con otras resinas nanohíbridas, lo cual se atribuye a diferencias en la matriz resinosa y en la interacción matriz-relleno (Kim et al., 2021; Mendes et al., 2024). Estos hallazgos respaldan los resultados del presente estudio, donde un mismo tratamiento generó respuestas cromáticas distintas según el material evaluado.

La interacción estadísticamente significativa entre el tratamiento y el tipo de resina confirma que no es clínicamente apropiado generalizar el efecto de los procedimientos de la capa inhibida sin considerar el material restaurador específico. Este enfoque coincide con lo propuesto por Paravina et al. (2022), quienes destacan que incluso cambios de color estadísticamente pequeños pueden ser clínicamente perceptibles o inaceptables, especialmente en zonas estéticas, lo que hace indispensable una evaluación individualizada del material.

Desde una perspectiva clínica, los resultados enfatizan que la selección del material restaurador debe basarse no solo en propiedades mecánicas, sino también en su comportamiento óptico frente a los tratamientos de acabado, pulido o sellado superficial. La evidencia reciente respalda que la estabilidad del color es un criterio determinante para la longevidad estética de las restauraciones, y que su evaluación debe considerar la interacción entre material y procedimiento (Alkhadim et al., 2021; Mendes et al., 2024).

Finalmente, el análisis estadístico con la interpretación clínica permite comprender que la ausencia de diferencias globales entre tratamientos no excluye la existencia de comportamientos específicos dependientes del material. Este enfoque metodológico es coherente con las recomendaciones actuales en investigación odontológica, que sugieren el uso de análisis

multifactoriales para interpretar adecuadamente fenómenos ópticos complejos como la estabilidad del color (Alrahlah et al., 2022).

Los resultados expuestos en el presente estudio concuerdan con la literatura científica reciente y confirman que la estabilidad del color de las resinas nanohíbridadas es un fenómeno multifactorial, determinado por la interacción entre la composición del material y los tratamientos aplicados a la capa superficial. Estos estudios aportan evidencia relevante para la práctica clínica basada en la evidencia y refuerzan la necesidad de una selección racional del material restaurador en función de su comportamiento cromático.

Referencias

- Andrango, G; Cabrera, A; Armas, A. (2021). Evaluación de la rugosidad superficial y estabilidad del color de una resina nanohíbrida sometida a diferentes pH salivales. *Revista KIRU*.2021;18(1):2531.<https://doi.org/10.24265/kiru.2021.v18n1.04ArtículoOriginal,OriginalArticle>. Recuperado de: <https://portalrevistas.aulavirtualusmp.pe/index.php/Rev-Kiru0/article/view/2035/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20rugosidad%20superficial%20y%20estabilidad%20del%20color%20de%20una%20resina%20nanoh%C3%ADbrida%20sometida%20a%20diferentes%20pH%20salivales>.
- Alkhadim, Y. K., Hulbah, M. J., & Nassar, H. M. (2021). Color stability of resin composites after immersion in staining solutions: A systematic review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(5), 715–726. <https://doi.org/10.1111/jerd.12741>
- Alrahlah, A., Silikas, N., & Watts, D. C. (2022). Influence of surface sealants on color stability and surface roughness of resin composites. *Dental Materials*, 38(1), 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.11.004>
- Arcos, L; Montaña, V y Armas, A. (2019). Estabilidad en cuanto a color y peso, de resinas compuestas tipo flujo tras contacto con bebidas gaseosas: estudio in vitro. *Revista Odontología Vital* , (30), 59-64. Recuperado el 31 de agosto de 2024, de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-07752019000100059&lng=en&tlng=es.
- Barakah, H. M., & Taher, N. M. (2022). Effect of resin composite composition on color stability after aging. *Polymers*, 14(3), 512. <https://doi.org/10.3390/polym14030512>
- Christiani, J; Acevedo, E; Rocha, M. (2023). Estabilidad de Color de Tres Resinas Nanohíbridas en Relación al Tipo Pulido Realizado. *Revista internacional de odontostomatología*, 17

- (1), 64-69. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2023000100064>. Recuperado de:
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2023000100064
- Ertaş, E., Güler, A. U., Yücel, A. C., Köprülü, H., & Güler, E. (2020). Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dental Materials Journal*, 39(1), 1–8.
<https://doi.org/10.4012/dmj.2019-018>
- Ertürk-Avunduk, Ayşe Tuğba, Aksu, Seçkin y Delikan, Ebru. (2021). Efectos de los enjuagues bucales en la estabilidad del color de los materiales restauradores a base de resina. *Odovtos International Journal of Dental Sciences* , 23 (1), 91-102.
<https://dx.doi.org/10.15517/ijds.2020.43004> Recuperado de:
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-34112021000100091&script=sci_abstract&tlng=es
- Kim, J. H., Lee, Y. K., & Lim, B. S. (2021). The effect of surface treatments on color stability of nano-filled resin composites. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 126(3), 389–395.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.07.012>
- Mendes, L. T., Saavedra, G. S., & Souza, R. O. A. (2024). Color stability and surface characteristics of contemporary resin composites after surface sealing. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 36(2), 245–253. <https://doi.org/10.1111/jerd.13010>
- Nasoohi, N., Hoorizad, M., & Tabatabaei, M. H. (2023). Effect of surface sealants on discoloration and roughness of resin composites. *BMC Oral Health*, 23(1), 214.
<https://doi.org/10.1186/s12903-023-02914-8>
- Paravina, R. D., Pérez, M. M., & Ghinea, R. (2022). Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(1), 19–31. <https://doi.org/10.1111/jerd.12837>

- Picón, A; Tamaríz, P. (2021). Efectividad de los diferentes sistemas de pulido sobre la rugosidad superficial de las resinas compuestas. Revisión bibliográfica. *Revista Odontología*. 26 (2), 1-8. <https://doi.org/10.29166/odontologia.vol26.n2.2023-e4526>.
<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/odontologia/article/view/4526>
- Ramírez, L; Guzmán, P; Valencia, Joel; Guevara, J & Morales, R. (2022). ¿La glicerina influye en la estabilidad del color de la resina compuesta? *Revista Cubana de Estomatología*, 59(2). Epub 20 de marzo de 2022. Recuperado, de
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072022000200002&lng=es&tlng=es.
- Rodríguez K., Armas A., García I., Oñate H., Sánchez J. (2018). Técnicas diferentes para eliminar la capa de resina inhibida por oxígeno, en un composite nanohíbrido sometido a desgaste abrasivo. *Revista Dominio de las Ciencias*. 4(2). DOI: 10.23857/dom.cien.pocaip.2017.4.núm.2.abril.20-33. Recuperado de:
<https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/97b2e2d3-8d7a-40b7-8791-278be6abc2f3>
- Servián, L. (2019). Importancia del acabado y pulido en restauraciones con resinas compuestas en dientes anteriores. Informe de caso clínico. *Revista científica ciencias de la salud*, 1 (1), 52-56. Publicación electrónica 00 de junio de 2019.
<https://doi.org/10.53732/rccsalud/01.01.2019.52> Recuperado de:
http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2664-28912019000100052