UNIVERSIDAD HEMISFERIOS

Facultad Ciencias De La Salud

Tema:

Efecto De Las Bebidas Energizantes Sobre La Estabilidad Del Color De La Resina Compuesta Nano híbrida

Trabajo De Titulación Para La Obtención De Título De Especialidad En

"Rehabilitación Oral E Implanto Soportado"

Presentado por:

Evelyn Andrea Tarapues Portilla

Tutor:

Dr. Leandro Azambuja Reichert

Quito, Enero De 2026

Resumen

Antecedentes: La decoloración de las resinas compuestas se considera como uno de los inconvenientes más significativos de las restauraciones dentales. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el impacto de las bebidas energizantes en la estabilidad del color de resinas nanohibridas y microhíbridas.

Materiales y métodos: Se elaboraron 60 discos de resina compuesta de 6mm de diámetro y 3 mm de espesor a partir de 2 compuestos de resina nano híbrida Z350XT y microhíbrida Z250 (3M ESPE) divididos en tres grupos de 20 muestras cada uno. Las muestras se analizaron tras el envejecimiento con las bebidas energizantes Vive 100, V220 y de agua destilada como control. Las muestras se almacenaron a 37°C en tubos de ensayo por un tiempo de 24 horas durante 7 días en una incubadora. El color se evaluó en el CIELAB mediante espectrofotómetro VITA Easyshade V®, las mediciones cromáticas se realizaron en dos momentos temporales definidos: una toma inicial (T0), previa a la inmersión de las muestras, y una toma final (T7), tras siete días de exposición continua a las soluciones evaluadas. A partir de estas mediciones se calcularon las diferencias individuales de los parámetros L, a y b, así como el valor de ΔE para cada muestra. La verificación de normalidad y homogeneidad de varianzas garantizó la validez del uso del ANOVA, pruebas post hoc y pruebas de comparación entre grupos, fortaleciendo la confiabilidad de las conclusiones derivadas del análisis inferencial.

Resultados: Filtek Z350 XT mostró una mayor estabilidad cromática frente a las bebidas energizantes, lo que sugiere que las resinas nanohíbridas podrían ofrecer mejores resultados estéticos a largo plazo en pacientes con consumo frecuente de este tipo de bebidas. En contraste, Filtek Z250 presentó valores de ΔE consistentemente mayores, evidenciando

una mayor susceptibilidad al cambio de color. La bebida Vive 100 causó mayor pigmentación con valores de p inferior a 0,05.

Conclusiones: En el ámbito clínico, los hallazgos de esta investigación aportan información relevante para la selección de materiales restauradores, especialmente en pacientes con consumo frecuente de bebidas energizantes. La mayor estabilidad cromática observada en la resina nanohíbrida sugiere que este tipo de material puede ofrecer mejores resultados estéticos a largo plazo, mientras que la mayor susceptibilidad al cambio de color de la resina microhíbrida resalta la importancia de individualizar la elección del material según el perfil del paciente.

Palabras claves: BEBIDAS ENERGIZANTES, CIELAB, ESPECTROFOTÓMETRO, RESINAS COMPUESTAS NANOHIBRIDAS, RESINAS COMPUESTAS MICROHIBRIDAS.

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.

Evelyn Andrea Tarapues Portilla

Evelyn Andrea
Tarapues Portilla
Time Stamping
Security Data

C.I: 0401857321

Dedicatoria

El presente trabajo es el resultado del esfuerzo, dedicación y pasión por mi profesión, una meta que sola no hubiera podido lograr, pues detrás de este propósito se encuentran el apoyo y la confianza de quienes me acompañaron, me motivaron y creyeron en mí.

A Dios, por ser mi guía en cada paso y el acompañante en este camino, brindándome, la fortaleza, la sabiduría y paciencia necesaria para culminar este posgrado. A mi hijo, por su amor incondicional y ser siempre mi inspiración, a mis padres por su entrega y sacrificio para enseñarme con su ejemplo que todo esfuerzo tiene su recompensa. A mis hermanos y cuñados por su cariño, motivación y soporte en mi vida. A mis amigas que me acompañaron en la idea de seguir preparándome en esta profesión. A mis docentes, por compartir sus conocimientos, su dedicación y por inspirarme a ser mejor profesional. A mis compañeros, por cada uno de los momentos compartidos, por la amistad y las enseñanzas que hicieron de este proceso una experiencia inolvidable.

Índice

Resumen....2

Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos....4

Dedicatoria....5

Índice....6

Índice De Tablas....9

Índice De Figuras....11

Índice De Gráficos....12

Resumen....13

Abstract....14

Introducción....16

Metodología....17

Materiales y Método....17

Fotopolimerización y acabado superficial....19

Almacenamiento inicial y preparación experimental....21

Evaluación del color....22

Procedimiento de inmersión....23

Medición final....24

Análisis estadístico....24

Resultados....25

Análisis Descriptivo 25

Grupo Control: Agua Destilada. 25

Datos cromáticos iniciales y finales. 26

Diferencias cromáticas individuales (ΔL, Δa, Δb). 27

Cambio total de color (ΔE). 28

Estadística descriptiva del grupo control. 28

Representación gráfica del grupo control. 29

Grupo 2: Bebida energizante Vive 100 30

Datos cromáticos iniciales y finales. 30

Diferencias cromáticas individuales (ΔL, Δa, Δb). 31

Cambio total de color (ΔE). 32

Estadística descriptiva del Grupo 2 33

Representación gráfica del Grupo 2: Bebida energizante Vive 100 33

Grupo 3: Bebida energizante V220 35

Datos cromáticos iniciales y finales. 35

Diferencias cromáticas individuales (ΔL, Δa, Δb). 36

Cambio total de color (ΔE). 37

Estadística descriptiva del Grupo 3. 37

Representación gráfica del Grupo 3: Bebida energizante V220. 38

Análisis estadístico inferencial del cambio total de color (ΔE) 40

Verificación de supuestos estadísticos 40

Análisis intragrupo: efecto de la solución de inmersión 41

Análisis inter-grupo: comparación entre resinas 44

Discusión 46

Conclusiones 49

Referencias 52

Índice De Tablas

Tabla 1. Detalles de los materiales de resina compuesta y bebidas energéticas utilizadas en el estudio. 18

Tabla 2. Valores cromáticos iniciales (T0) y finales (T7) de los parámetros L, a y b en las resinas Filtek Z250 tras inmersión en agua destilada. 26

Tabla 3. Valores cromáticos iniciales (T0) y finales (T7) de los parámetros L, a y b en las resinas Filtek Z350 tras inmersión en agua destilada. 26

Tabla 4. Diferencias cromáticas individuales (ΔL, Δa, Δb) en las resinas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT tras inmersión en agua destilada. 27

Tabla 5. Valores individuales de cambio total de color (ΔE) en las resinas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT tras inmersión en agua destilada. 28

Tabla 6. Estadísticos descriptivos del cambio total de color (ΔE) en el grupo control. ... 28

Tabla 7. Valores cromáticos iniciales (T0) y finales (T7) de los parámetros L, a y b en las resinas Filtek Z250 tras inmersión en la bebida energizante Vive 100. 30

Tabla 8. Valores cromáticos iniciales (T0) y finales (T7) de los parámetros L, a y b en las resinas Filtek Z350 tras inmersión en la bebida energizante Vive 100. 31

Tabla 9. Diferencias cromáticas individuales (ΔL, Δa, Δb) en las resinas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT tras inmersión en Vive 100. 31

Tabla 10. Valores individuales del cambio total de color (ΔE) en las resinas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT tras inmersión en Vive 100. 32

Tabla 11. Estadísticos descriptivos del cambio total de color (ΔE) en el grupo expuesto a Vive 100. 33

Tabla 12. Valores cromáticos iniciales (T0) y finales (T7) de los parámetros L, a y b en las resinas Filtek Z250 tras inmersión en la bebida energizante V220. 35

Tabla 13. Valores cromáticos iniciales (T0) y finales (T7) de los parámetros L, a y b en las resinas Filtek Z350 tras inmersión en la bebida energizante V220. 35

Tabla 14. Diferencias cromáticas individuales (ΔL, Δa, Δb) tras inmersión en V220. 36

Tabla 15. Valores individuales del cambio total de color (ΔE) en las resinas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT tras inmersión en V220. 37

Tabla 16. Estadísticos descriptivos del cambio total de color (ΔE) en el grupo expuesto a V220. 37

Tabla 17. Prueba de normalidad (Shapiro–Wilk) para ΔE 41

Tabla 18. Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene).....41

Tabla 19. Análisis intragrupo del ΔE según solución de inmersión 42

Tabla 20. Comparaciones post hoc intragrupo (Filtek Z350 XT).....42

Tabla 21. Comparación inter-grupo del ΔE entre resinas (Mann–Whitney U) 44

Tabla 22. Comparación inter-grupo complementaria (t de Welch) 44

Índice De Figuras

Figura 1. a. Molde personalizado de acero para realizar muestras de resina. 19

Figura 2. Fotopolimerización 19

Figura 3. a. Micromotor eléctrico NL400-1. b. Pulido con discos soflex 3M grano medio. c. Pulido con discos soflex 3M grano fino. d. Pulido con discos soflex 3M grano extrafino con pasta de pulimento Diamond Excel. 20

Figura 4. Muestras almacenadas en agua destilada, distribución de muestras. 21

Figura 5. Toma de color de muestras con espectrofotómetro digital VITA Easyshade V. a. soporte espectrofotómetro. b. Toma de color estandarizado. c. Espectrofotómetro en base para calibración de toma de color. d y e. Registros de toma de color. 22

Figura 6. Inmersión de muestras en bebidas experimentales: a. Agua destilada. b. Bebida energizante Vive 100. c. Bebida energizante V220. d. Muestras diferenciadas. 23

Figura 7. Muestras de resina almacenadas en la incubadora a 37°C. 24

Índice De Gráficos

Gráfico 1. Media del cambio total de color (ΔE) en las resinas del grupo control. 29

Gráfico 2. Distribución de color (ΔE) en las resinas del grupo control. 29

Gráfico 3. Media del cambio total de color (ΔE) en las resinas expuestas a Vive 100 33

Gráfico 4. Distribución del cambio total de color (ΔE) por tipo de resina tras inmersión en Vive 100 34

Gráfico 5. Media del cambio total de color (ΔE) por tipo de resina – Grupo V220 38

Gráfico 6. Distribución del cambio total de color (ΔE) por tipo de resina – Grupo V220 39

Gráfico 7. Evolución del ΔE medio según solución de inmersión (análisis intragrupo) 43

Gráfico 8. Comparación inter-grupo del ΔE medio por solución 45

EFECTO DE LAS BEBIDAS ENERGIZANTES SOBRE LA ESTABILIDAD DEL COLOR DE LAS RESINAS COMPUESTAS NANOHIBRIDAS Y MICROHIBRIDAS

Evelyn Andrea Tarapues Portilla

evelyntarapuesp@gmail.com

Resumen

Antecedentes: La decoloración de las resinas compuestas se considera como uno de los inconvenientes más significativos de las restauraciones dentales. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el impacto de las bebidas energizantes en la estabilidad del color de resinas nano híbridas y microhíbridas.

Materiales y métodos: Se elaboraron 60 discos de resina compuesta de 6mm de diámetro y 3 mm de espesor a partir de 2 compuestos de resina nano híbrida Z350XT y microhíbrida Z250 (3M ESPE) divididos en tres grupos de 20 muestras cada uno. Las muestras se analizaron tras el envejecimiento con las bebidas energizantes Vive 100, V220 y de agua destilada como control. Las muestras se almacenaron a 37°C en tubos de ensayo por un tiempo de 24 horas durante 7 días en una incubadora. El color se evaluó en el CIELAB mediante espectrofotómetro VITA Easyshade V®, las mediciones cromáticas se realizaron en dos momentos temporales definidos: una toma inicial (T0), previa a la inmersión de las muestras, y una toma final (T7), tras siete días de exposición continua a las soluciones evaluadas. A partir de estas mediciones se calcularon las diferencias individuales de los parámetros L, a y b, así como el valor de ΔE para cada muestra. La verificación de normalidad y homogeneidad de varianzas garantizó la validez del uso del ANOVA, pruebas post hoc y pruebas de comparación entre grupos, fortaleciendo la confiabilidad de las conclusiones derivadas del análisis inferencial.

Resultados: Filtek Z350 XT mostró una mayor estabilidad cromática frente a las bebidas energizantes, lo que sugiere que las resinas nanohíbridas podrían ofrecer mejores resultados estéticos a largo plazo en pacientes con consumo frecuente de este tipo de bebidas. En contraste, Filtek Z250 presentó valores de ΔE consistentemente mayores, evidenciando una mayor susceptibilidad al cambio de color. La bebida Vive 100 causó mayor pigmentación con valores de p inferior a 0,05.

Conclusiones: En el ámbito clínico, los hallazgos de esta investigación aportan información relevante para la selección de materiales restauradores, especialmente en pacientes con consumo frecuente de bebidas energizantes. La mayor estabilidad cromática observada en la resina nanohíbrida sugiere que este tipo de material puede ofrecer mejores resultados estéticos a largo plazo, mientras que la mayor susceptibilidad al cambio de color de la resina microhíbrida resalta la importancia de individualizar la elección del material según el perfil del paciente.

Palabras claves: BEBIDAS ENERGIZANTES, CIELAB, ESPECTROFOTÓMETRO, RESINAS COMPUESTAS NANOHIBRIDAS, RESINAS COMPUESTAS MICROHIBRIDAS.

Abstract

Background: Discoloration of composite resins is considered one of the most significant drawbacks of dental restorations. The aim of this study was to evaluate the impact of energy drinks on the color stability of nanohybrid and microhybrid resins.

Materials and methods: Sixty composite resin discs measuring 6 mm in diameter and 3 mm in thickness were prepared from two resin composites, Z350XT nanohybrid and Z250 microhybrid (3M ESPE), divided into three groups of 20 samples each. The samples were analyzed after aging with Vive 100 and V220 energy drinks and distilled water as a control.

The samples were stored at 37°C in test tubes for 24 hours over 7 days in an incubator. The color was evaluated in CIELAB using a VITA Easyshade V® spectrophotometer. Color measurements were taken at two specific times: an initial measurement (T0) prior to immersion of the samples, and a final measurement (T7) after seven days of continuous exposure to the evaluated solutions. Based on these measurements, the individual differences in the L, a, and b parameters were calculated, as well as the ΔE value for each sample. Verification of normality and homogeneity of variances ensured the validity of the use of ANOVA, post hoc tests, and between-group comparison tests, strengthening the reliability of the conclusions derived from the inferential analysis.

Results: Filtek Z350 XT showed greater color stability against energy drinks, suggesting that nanohybrid resins could offer better long-term aesthetic results in patients who frequently consume these types of drinks. In contrast, Filtek Z250 showed consistently higher ΔE values, evidence of greater susceptibility to color change. The Vive 100 drink caused greater pigmentation with p values below 0.05.

Conclusions: In the clinical setting, the findings of this research provide relevant information for the selection of restorative materials, especially in patients who frequently consume energy drinks. The greater color stability observed in nanohybrid resin suggests that this type of material may offer better long-term aesthetic results, while the greater susceptibility to color change in microhybrid resin highlights the importance of individualizing the choice of material according to the patient's profile.

Keywords: ENERGY DRINKS, CIELAB, SPECTROPHOTOMETER, NANOHYBRID COMPOSITE RESINS, MICROHYBRID COMPOSITE RESINS.

Introducción

Los materiales compuestos de resina se utilizan cada vez más en la odontología moderna debido a varias cualidades deseables, como la apariencia estética y las buenas propiedades físicas y mecánicas. (Förster & Plantenberg, 2002). Existe una variedad de composites dentales disponibles para uso clínico que podrían usarse tanto en las áreas anteriores como posteriores, presentando una amplia gama de componentes orgánicos e inorgánicos que pueden afectar tanto a sus características de manipulación como al servicio clínico (Schulze et al., 2003). La decoloración del material restaurador estético es una de las principales causas de la sustitución de la resina compuesta, que se ve acentuado por la ingesta de alimentos, bebidas o enjuagues bucales a largo plazo. Por tanto, la resina compuesta debe generar estabilidad en color y un buen pulido que sea más durable con el tiempo (de Moraes et al., 2009).

La decoloración del composite es el resultado de la interacción entre colorantes externos y materiales de resina compuesta. La adsorción de colorantes externos en la superficie de la matriz de resina puede causar cambios de color y comprometer los resultados estéticos (Erdemir et al., 2012). La rugosidad de la superficie causada por el desgaste y la degradación química también puede afectar el brillo y en consecuencia aumentar las manchas extrínsecas (Schulze et al., 2003). El potencial de tinción de bebidas y soluciones varía según la composición y sus propiedades, y el consumo de bebidas con cafeína, EDTA disódico, té verde, azúcar, dextrosa, conservantes, extracto de guaraná, taurina y ginseng, aminoácidos, vitaminas; destinadas a brindar energía ha ido aumentando significativamente (Al-Dharrab, 2013).

La presencia de dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA) en la matriz de resina microhíbrida se ha identificado como un factor que contribuye a la decoloración de la matriz

de resina. El TEGDMA un monómero diluyente añadido a la matriz de resina de bisfenol A-glicidil dimetacrilato, es conocido por su hidrofilicidad, lo que aumenta su absorción de agua; lo que varía en comparación a la resina nanohíbrida la cual predomina en su composición UDMA, un componente vitrocerámico que reduce la absorción de agua y minimiza los cambios de color, incorpora una gama de partículas de relleno de diferente tamaño, distribución y está compuesto de un 77% de micro rellenos en peso que abarca partículas muy finas (Leithe ML et al.,2014).

Se requiere una colorimetría diferencial para determinar y cuantificar los cambios de color de resinas, por tanto, los instrumentos colorimétricos miden el color y lo expresan en términos de valores de coordenadas, los cuales son: L: representa el brillo, a: representa croma rojo o verde, b: representa croma amarillo o azul, que ubican el color del objeto dentro del espacio del color CIELAB (Al-Dharrab, 2013). La diferencia de color (ΔE) se obtiene a partir de los cambios individuales en cada parámetro y se expresa con un valor único (Chesterman,2017).

Frente a eso este estudio pretende determinar la estabilidad del color de resinas compuestas nano híbridas y microhíbridas sobre el efecto de dos bebidas energizantes tras un periodo de envejecimiento.

Metodología

Materiales y Método

El presente estudio es de tipo experimental *in vitro* comparativo y longitudinal, siguiendo la metodología de (Ayman Al-Dhharrab, 2013) , en donde se tomaron un total de 60 muestras en forma de disco y 3 bebidas experimentales, divididas en dos niveles: Nivel 1: 2 tipos de resina, una nano híbrida (Filtek Z350 3M™tono A2) y otra microhíbrida (Filtek

Z250 3M™ tono A2); Nivel 2: 3 condiciones de bebidas : V220, Vive 100 y agua destilada (control), cada grupo compuesto por un total de 10 muestras considerada para obtener una potencia estadística adecuada.

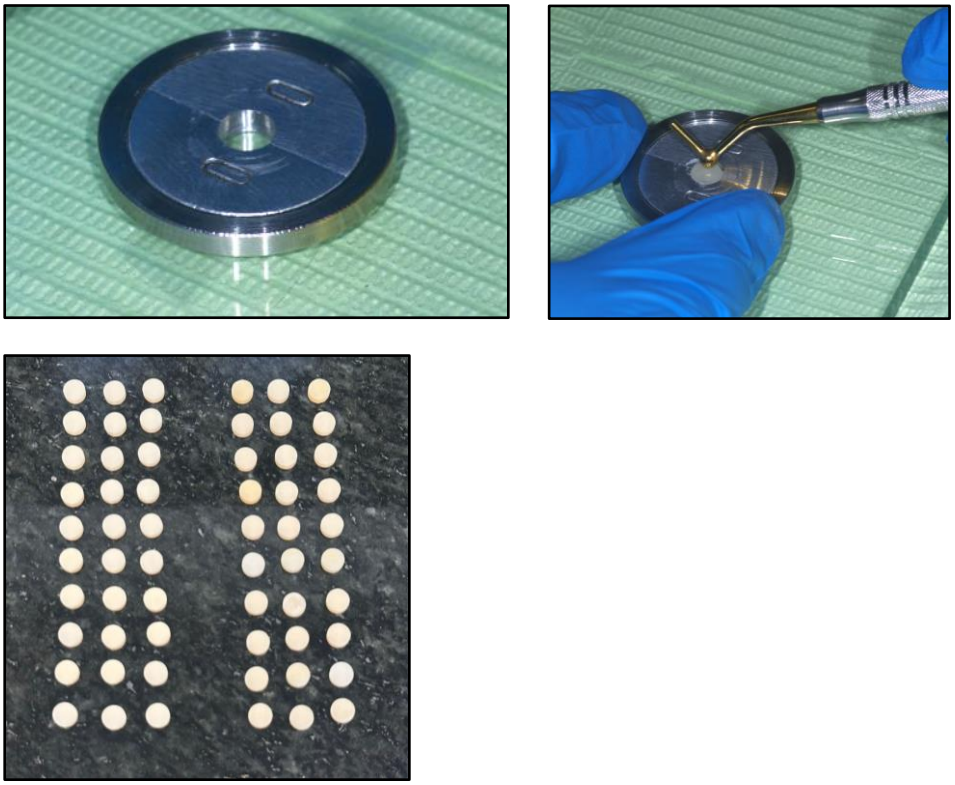
Tabla 1. Detalles de los materiales de resina compuesta y bebidas energéticas utilizadas en el estudio.

Material y bebida	**Detalle**	**Casa comercial**
Filtek Z350 XT	Restaurador universal Nanohíbrido tono A2	3M™ ESPE Dental Products D-USA.
Filtek Z250	Restaurador universal Microhíbrida tono A2	3M™ ESPE Dental Products D-USA.
Bebida energizante V220	Taurina, cafeína, fenilalanina, vitaminas B12-B6-B5-B3-B2, azúcar, dextrosa, agua carbonatada, reguladores de la acidez: citrato de sodio, colorante artificial.	THE TESALIA SPRINGS COMPANY S.A. Ecuador.
B. E Vive100	Cafeína, EDTA disódico, extracto de guaraná y té verde, vitaminas B12-B6-B5-B3-B2, azúcar, dextrosa, conservantes: benzoato de sodio y sorbato de potasio, agua carbonatada, reguladores de la acidez: citrato de sodio, colorante artificial.	Pacific Bottling Company S.A. Ecuador.
Agua destilada	2 moléculas de Hidrógeno 1 de Oxígeno (H2O)	Laboratorio Alcohol Limex. Ecuador

Las muestras se realizaron en forma de discos de 6mm de diámetro y 3 mm de espesor, se prepararon con un molde cilíndrico de acero personalizado, se los realizó con la técnica de incremento (1.5mm) y se presionó con una tira de celuloide sobre la superficie del molde y una placa de vidrio para obtener una superficie plana sin formación de burbujas. (Figura 1a-b). Se realizaron un total de 30 muestras de la resina Filtek Z250 tono A2 y 30 muestras de la resina Filtek Z350 XT tono A2. (Figura 1c).

Figura 1. a. Molde personalizado de acero para realizar muestras de resina.

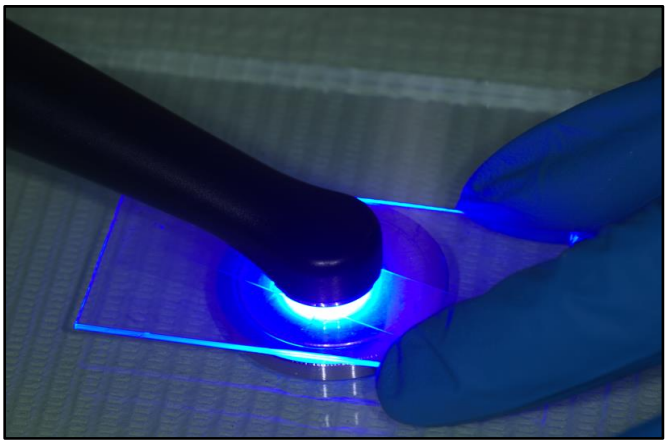
b. Fabricación de muestras de resina. c. Muestras de resina



Fotopolimerización y acabado superficial

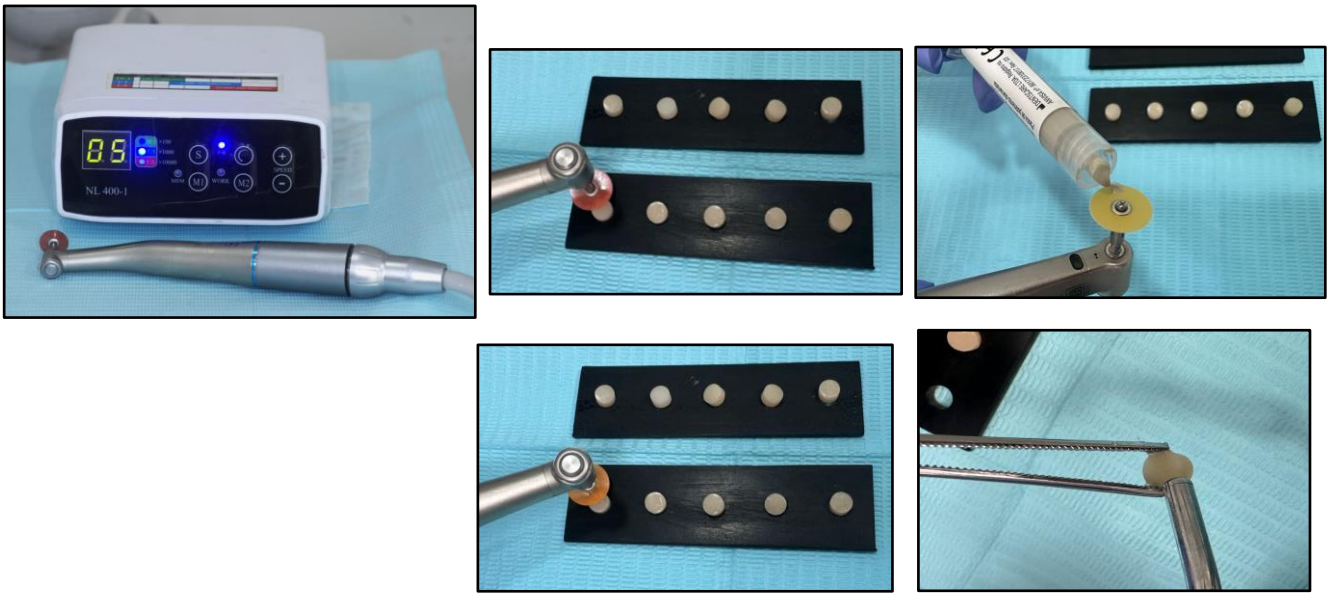
Cada muestra se polimerizó por ambos lados durante un tiempo de 20 segundos con una unidad de fotopolimerización VALO Grand con irradiancia de 900 mW/cm2, y la intensidad lumínica se controló con un radiómetro LM1 cada 5 muestras. Se estandarizó la distancia entre la fuente de luz y la muestra de resina con un portaobjetos de 1mm. (Figura 2).

Figura 2. Fotopolimerización



Las muestras de resina obtenidas se pulieron con micromotor eléctrico NL400-1 con potencia de entrada de 24V5O/60Hz a una fuerza de presión 5.000rpm en sentido antihorario con discos soflex 3M ESPE de la siguiente manera: cada una de las superficies, superior e inferior fueron pulidas durante 10 segundos y con 3 movimientos intermitentes secuencialmente con grano medio, seguido por el de granulación fina y extrafina al que se impregnó pasta de pulimento Diamond Excel de diamante micronizado durante 20 (Figura 3a), enjuagando cada muestra al realizar el cambio del disco soflex con agua durante 10 segundos para eliminar residuos y se secaron con aire 5 segundos. Este procedimiento es llevado a cabo por un mismo operador garantizando uniformidad en todas las muestras. (Figura 3b-c-d).

Figura 3. a. Micromotor eléctrico NL400-1. b. Pulido con discos soflex 3M grano medio. c. Pulido con discos soflex 3M grano fino. d. Pulido con discos soflex 3M grano extrafino con pasta de pulimento Diamond Excel.

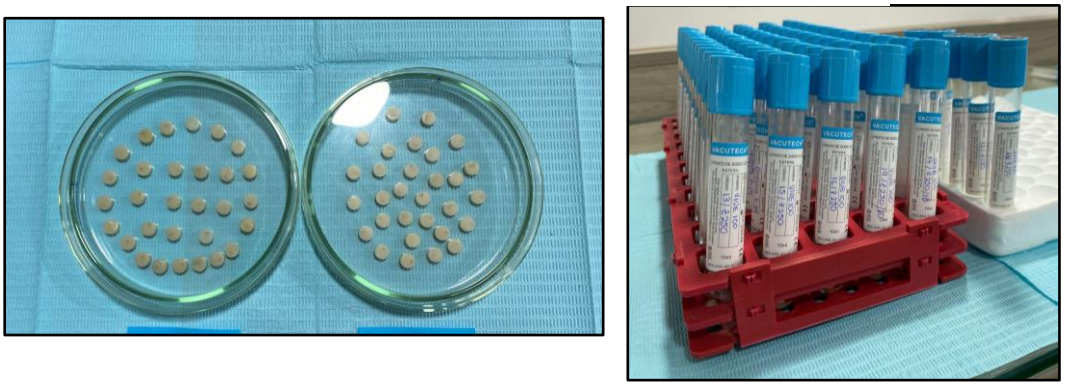


Almacenamiento inicial y preparación experimental

Una vez pulidas las muestras de resina fueron almacenadas en agua destilada a 37 °C por 24 horas para garantizar una polimerización completa y rehidratación. (Figura 4). Posteriormente, se distribuyen aleatoriamente en tres grupos: (Tabla 2)

Grupo	Condición Experimental	Material Restaurador	n Muestra
G1	Agua destilada	Filtek Z350 XT Nanohíbrido tono A2	n=10
		Filtek Z250 Microhíbrida tono A2	n=10
G2	Bebida energizante V220	Filtek Z350 XT Nanohíbrido tono A2	n=10
		Filtek Z250 Microhíbrida tono A2	n=10
G3	Bebida energizante Vive100	Filtek Z350 XT Nanohíbrido tono A2	n=10
		Filtek Z250 Microhíbrida tono A2	n=10

Figura 4. Muestras almacenadas en agua destilada, distribución de muestras.



Evaluación del color

Se realizó la medición colorimétrica inicial (T1) mediante espectrofotómetro VITA Easyshade V®, previamente calibrado conforme a las indicaciones del fabricante; utilizando fondo y fijación estandarizada con base diseñada para mantener posicionamiento constante del espectrofotómetro. Se realizaron tres lecturas por muestra, y se promediaron los valores, datos recolectados en tablas de Excel diseñadas para este estudio. (Figura 5).

Figura 5. Toma de color de muestras con espectrofotómetro digital VITA Easyshade V. a. soporte espectrofotómetro. b. Toma de color estandarizado. c. Espectrofotómetro en base para calibración de toma de color. d y e. Registros de toma de color.

Procedimiento de inmersión

Las muestras fueron colocadas en tubo de ensayo individual utilizando 10 ml de volumen por muestra (Figura 6), etiquetando por número y diferenciando el tipo de resina nano híbrida y microhíbrida con la solución correspondiente.

Las soluciones fueron reemplazadas cada 24 horas estandarizando el cambio de bebidas y simulando condiciones reales de consumo y evitando alteración química del medio. Las muestras permanecieron en incubadora a 37°C durante 7 días. (Figura 7).

Figura 6. Inmersión de muestras en bebidas experimentales: a. Agua destilada. b. Bebida energizante Vive 100. c. Bebida energizante V220. d. Muestras diferenciadas.

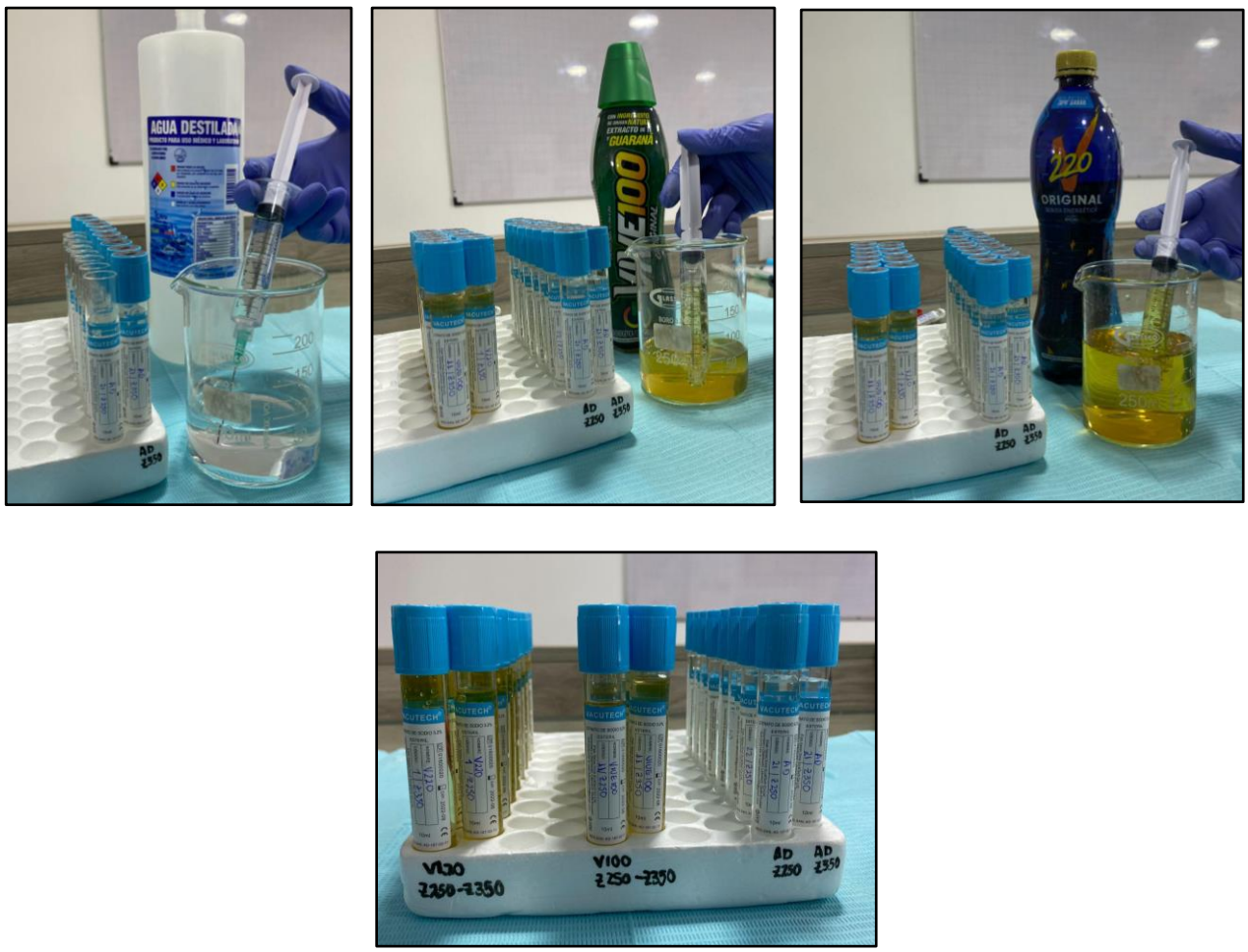
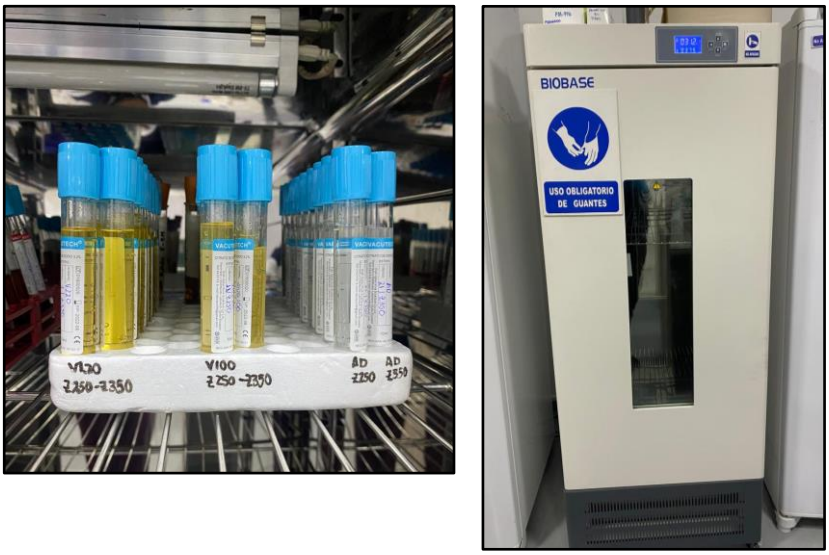


Figura 7. Muestras de resina almacenadas en la incubadora a 37°C.



Medición final

Tras la inmersión, las muestras se lavaron con agua corriente, se secaron con papel absorbente y se dejaron reposar 30 minutos. Finalmente, se repitió la medición colorimétrica bajo el mismo protocolo inicial (T7), se recolectó los datos en tablas Excel y se enviaron a realizar el análisis estadístico.

Análisis estadístico

Las mediciones cromáticas se realizaron en dos momentos temporales definidos: una toma inicial (T0), previa a la inmersión de las muestras, y una toma final (T7), tras siete días de exposición continua a las soluciones evaluadas. A partir de estas mediciones se calcularon las diferencias individuales de los parámetros L, a y b, así como el valor de ΔE para cada muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

Este enfoque permitió evaluar de forma objetiva el cambio de color experimentado por cada espécimen, independientemente del tono de referencia asignado por el espectrofotómetro.

Desde el punto de vista estadístico, el análisis se estructuró de manera progresiva. Inicialmente, se realizó un análisis descriptivo de los valores de ΔE con el fin de identificar tendencias generales y la dispersión de los datos. Posteriormente, se efectuaron análisis intragrupo para evaluar el efecto de cada solución sobre una misma resina, y análisis intergrupo para comparar el comportamiento cromático entre las resinas y entre las soluciones evaluadas. Este abordaje integral permite interpretar los resultados tanto desde una perspectiva estadística como clínica.

Resultados

Análisis Descriptivo

Grupo Control: Agua Destilada.

El grupo control estuvo conformado por muestras de resina compuesta Filtek Z250 y Filtek Z350 XT que fueron sumergidas en agua destilada durante un período de siete días. Este grupo se utilizó como referencia basal, ya que el agua destilada carece de colorantes y presenta un pH neutro, lo que permite evaluar los cambios cromáticos atribuibles exclusivamente al contacto con un medio acuoso sin agentes pigmentantes. La inclusión de este grupo permitió establecer un punto de comparación para interpretar adecuadamente el efecto específico de las bebidas energizantes sobre la estabilidad del color de las resinas compuestas.

Datos cromáticos iniciales y finales.

Tabla 2. Valores cromáticos iniciales (T0) y finales (T7) de los parámetros L, a y b en las resinas Filtek Z250 tras inmersión en agua destilada.

N	L_1	a_1	b_1	L_2	a_2	b_2
1	64,7	0,3	16,8	60,9	-1,7	14,2
2	61,3	1,7	23,8	54,9	0,9	21
3	61,1	1,6	23,4	59,7	0,7	21,4
4	61,1	1,5	23,8	59,5	0,6	21,7
5	59,7	1,9	32,8	56,4	1,1	29,5
6	62	1,8	23,7	62,8	0,4	19,8
7	62,5	1,5	23,3	58,7	0,9	21,1
8	63,2	0,2	16,9	61,8	-1,6	13,7
9	61,7	1,3	32,1	56,4	0,8	28,4
10	59	0,4	23,5	56	0,2	23,7

Tabla 3. Valores cromáticos iniciales (T0) y finales (T7) de los parámetros L, a y b en las resinas Filtek Z350 tras inmersión en agua destilada.

N	L_1	a_1	b_1	L_2	a_2	b_2
1	64,2	4,1	39,7	61,3	2,5	32,2
2	68,3	2	26,9	65,9	1,4	25,1
3	68,3	2	26,8	66	1,1	24
4	64,4	4	40,4	62,2	4,1	40,1
5	64,8	4,1	40,5	61,2	4,3	39,8
6	66,7	2,1	26	66,1	1,4	23,8
7	65,4	2,1	26,4	64,1	1,5	24,1
8	66,7	2,1	26,4	65,5	1,6	24,6
9	61,1	3,8	37,7	62	3,6	38,2
10	69,7	4,2	39,8	61,9	3,8	38,7

La tabla 2 y 3 presentan los valores cromáticos individuales correspondientes a las mediciones iniciales y finales de los parámetros L, a y b para ambas resinas del grupo control. Estos datos constituyen la base primaria del análisis, ya que permiten observar las variaciones cromáticas experimentadas por cada muestra tras siete días de inmersión en agua destilada. En ambas resinas se aprecia, de forma general, una disminución del parámetro L, lo que indica una ligera pérdida de luminosidad asociada al envejecimiento en medio acuoso.

Diferencias cromáticas individuales (ΔL, Δa, Δb).

Tabla 4. Diferencias cromáticas individuales (ΔL, Δa, Δb) en las resinas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT tras inmersión en agua destilada.

Z250				**Z350**			
	ΔL*	**Δa***	**Δb***	**N**	**ΔL***	**Δa***	**Δb***
1	-3,8	-2	-2,6	1	-2,9	-1,6	-7,5
2	-6,4	-0,8	-2,8	2	-2,4	-0,6	-1,8
3	-1,4	-0,9	-2	3	-2,3	-0,9	-2,8
4	-1,6	-0,9	-2,1	4	-2,2	0,1	-0,3
5	-3,3	-0,8	-3,3	5	-3,6	0,2	-0,7
6	0,8	-1,4	-3,9	6	-0,6	-0,7	-2,2
7	-3,8	-0,6	-2,2	7	-1,3	-0,6	-2,3
8	-1,4	-1,8	-3,2	8	-1,2	-0,5	-1,8
9	-5,3	-0,5	-3,7	9	0,9	-0,2	0,5
10	-3	-0,2	0,2	10	-7,8	-0,4	-1,1

La tabla 4 muestra las diferencias individuales entre las mediciones finales e iniciales de los parámetros L, a y b. En la resina Filtek Z250 se observa predominantemente una disminución de L y b, lo que sugiere un oscurecimiento y una leve pérdida del componente amarillo del color. En Filtek Z350 XT, aunque el patrón general es similar, se aprecia una mayor variabilidad en los cambios de b, lo que indica respuestas cromáticas heterogéneas entre las muestras.

Cambio total de color (ΔE).

Tabla 5. Valores individuales de cambio total de color (ΔE) en las resinas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT tras inmersión en agua destilada.

Z250		**Z350**	
N	**ΔE**	**N**	**ΔE**
1	5,07	1	8,2
2	7,03	2	3,06
3	2,6	3	3,73
4	2,86	4	2,22
5	4,73	5	3,67
6	4,22	6	2,39
7	4,43	7	2,71
8	3,93	8	2,22
9	6,48	9	1,05
10	3,01	10	7,89

La tabla 5 presenta los valores de ΔE calculados para cada muestra mediante la fórmula del sistema CIELab. Estos valores representan el cambio cromático total experimentado por cada espécimen tras la inmersión en agua destilada. En ambas resinas se registraron valores de ΔE superiores al umbral de perceptibilidad visual, lo que confirma que incluso en condiciones controladas se producen alteraciones cromáticas medibles.

Estadística descriptiva del grupo control.

Tabla 6. Estadísticos descriptivos del cambio total de color (ΔE) en el grupo control.

Resina	**Media ΔE**	**DE**	**Mín**	**Máx**
Filtek Z250	**4,44**	1,56	2,6	7,03
Filtek Z350 XT	**3,73**	2,33	1,05	8,2

La estadística descriptiva revela que la resina Filtek Z250 presentó un valor medio de ΔE superior al observado en Filtek Z350 XT. Este resultado sugiere una mayor susceptibilidad al cambio de color de la resina microhíbrida en comparación con la resina nano híbrida, incluso en ausencia de agentes pigmentantes. Asimismo, la mayor desviación estándar observada en Filtek Z350 XT indica una mayor dispersión de los datos, reflejando una respuesta cromática menos homogénea entre las muestras.

Representación gráfica del grupo control.

Gráfico 1. Media del cambio total de color (ΔE) en las resinas del grupo control.

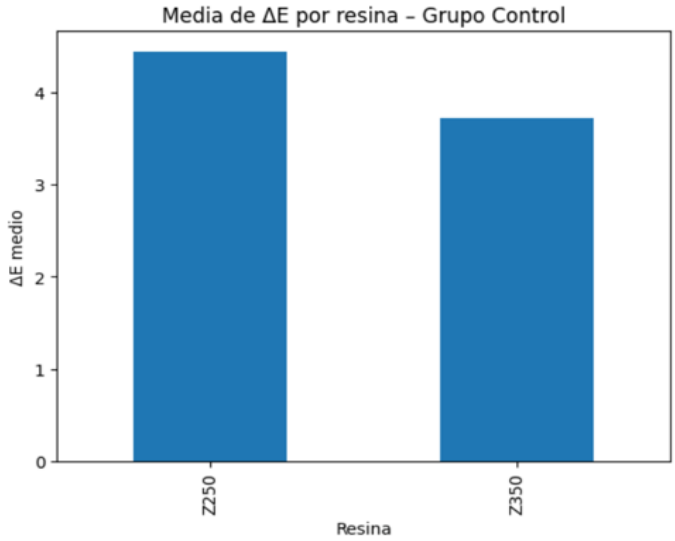
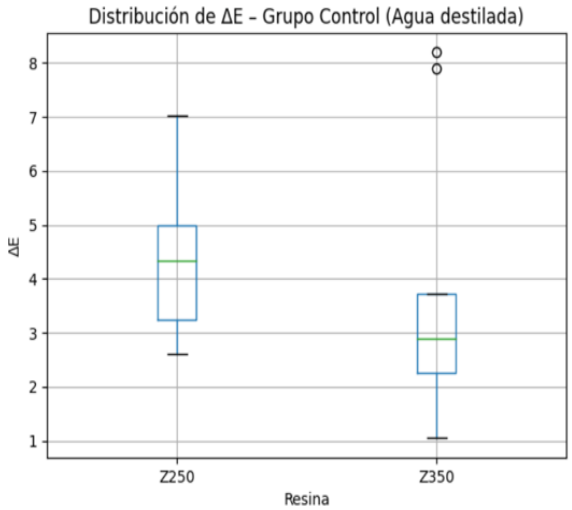


Gráfico 2. Distribución de color (ΔE) en las resinas del grupo control.



La representación gráfica confirma las tendencias observadas en la estadística descriptiva. El gráfico de barras evidencia un mayor valor medio de ΔE en la resina Filtek Z250, mientras que el diagrama de caja y bigotes muestra una distribución más compacta de los valores en Filtek Z350 XT. Estos resultados refuerzan la hipótesis de que la estructura nanohíbrida confiere una mayor estabilidad cromática al material, incluso bajo condiciones controladas.

Los resultados obtenidos en el grupo control permiten establecer un patrón basal del comportamiento cromático de las resinas evaluadas. Al evidenciar que ambas resinas presentan cambios de color medibles tras la inmersión en agua destilada, se justifica el análisis comparativo con los grupos experimentales sometidos a bebidas energizantes, con el fin de determinar si dichas soluciones inducen alteraciones cromáticas adicionales y clínicamente relevantes.

Grupo 2: Bebida energizante Vive 100

El grupo experimental correspondiente a la bebida energizante Vive 100 incluyó muestras de resina Filtek Z250 y Filtek Z350 XT sumergidas en esta solución durante siete días. Vive 100 se caracteriza por su contenido de colorantes, componentes ácidos y aditivos propios de las bebidas energizantes, factores que potencialmente influyen en la estabilidad cromática de los materiales restauradores. Este grupo permitió evaluar el impacto de una bebida energizante de consumo habitual sobre el cambio total de color (ΔE) de las resinas, comparando sus efectos con los observados en el grupo control.

Datos cromáticos iniciales y finales.

Tabla 7. Valores cromáticos iniciales (T0) y finales (T7) de los parámetros L, a y b en las resinas Filtek Z250 tras inmersión en la bebida energizante Vive 100.

N	L_1	a_1	b_1	L_2	a_2	b_2
1	63,4	1,6	24,3	62	0,5	25,3
2	63,3	1,9	29,2	59,8	0,4	25
3	61,4	1,8	23,2	55,4	0,8	24,6
4	62,9	1,9	23,2	56,7	0,6	30
5	61,5	1,6	23,1	60,8	0,5	24,3
6	61,8	2	23,8	61,3	0,2	24,1
7	58	1,9	38	56,5	0,8	32,3
8	60,2	0,6	21,3	58,3	-0,2	23,3
9	61,1	1,8	23,6	60,2	0,5	25,6
10	61	1,5	23,4	53,8	0,1	21,8

Tabla 8. Valores cromáticos iniciales (T0) y finales (T7) de los parámetros L, a y b en las resinas Filtek Z350 tras inmersión en la bebida energizante Vive 100.

N	L_1	a_1	b_1	L_2	a_2	b_2
1	62,2	4,3	40,1	58,7	3,4	38,2
2	66,4	2,1	26,5	64,1	1	27,7
3	66,5	1,9	26,3	63,3	0,5	27,8
4	68	2,1	27,9	63,6	1,3	27,6
5	63,8	4,4	40,8	59	4	42,2
6	67,8	1,9	27,7	66,2	0,8	31,5
7	67,3	2	26	65,3	1	28,6
8	66,5	2,2	26,6	63,2	0,9	29
9	67,1	2,1	26,4	64,7	0,6	30,9
10	63,6	4	39,7	62,6	0,8	29,2

Las tablas 7 y 8 recogen los valores cromáticos iniciales y finales de las resinas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT tras siete días de inmersión en la bebida energizante Vive 100. A diferencia del grupo control, se observa una disminución más marcada del parámetro L en ambas resinas, lo que indica una pérdida de luminosidad más pronunciada. Asimismo, se evidencian variaciones relevantes en el parámetro b, particularmente en Filtek Z250, sugiriendo una tendencia hacia tonalidades más amarillas asociadas a la exposición a la bebida.

Diferencias cromáticas individuales (ΔL, Δa, Δb).

Tabla 9. Diferencias cromáticas individuales (ΔL, Δa, Δb) en las resinas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT tras inmersión en Vive 100.

Z250				**Z350**			
N	**ΔL***	**Δa***	**Δb***	**N**	**ΔL***	**Δa***	**Δb***
1	-1,4	-1,1	1	1	-3,5	-0,9	-1,9
2	-3,5	-1,5	-4,2	2	-2,3	-1,1	1,2
3	-6	-1	1,4	3	-3,2	-1,4	1,5
4	-6,2	-1,3	6,8	4	-4,4	-0,8	-0,3
5	-0,7	-1,1	1,2	5	-4,8	-0,4	1,4
6	-0,5	-1,8	0,3	6	-1,6	-1,1	3,8
7	-1,5	-1,1	-5,7	7	-2	-1	2,6
8	-1,9	-0,8	2	8	-3,3	-1,3	2,4
9	-0,9	-1,3	2	9	-2,4	-1,5	4,5
10	-7,2	-1,4	-1,6	10	-1	-3,2	-10,5

Las diferencias cromáticas individuales muestran que la inmersión en Vive 100 provocó una reducción consistente de la luminosidad (ΔL negativo) en prácticamente todas las muestras de ambas resinas. En Filtek Z250 destacan variaciones extremas en el eje b, con incrementos positivos importantes en algunas muestras, lo que refleja una mayor tendencia a la pigmentación amarilla. En Filtek Z350 XT, aunque los cambios en L son relevantes, se observa una mayor heterogeneidad en las variaciones de b, indicando una respuesta cromática menos uniforme.

Cambio total de color (ΔE).

Tabla 10. Valores individuales del cambio total de color (ΔE) en las resinas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT tras inmersión en Vive 100.

Z250		**Z350**	
N	**ΔE**	**N**	**ΔE**
1	1,77	1	4,08
2	5,7	2	2,82
3	6,25	3	3,8
4	9,29	4	4,48
5	1,77	5	5,02
6	1,91	6	4,27
7	6,07	7	3,43
8	2,77	8	4,28
9	2,56	9	5,32
10	7,51	10	11,02

Los valores de ΔE obtenidos tras la inmersión en Vive 100 evidencian cambios cromáticos superiores a los observados en el grupo control. En ambas resinas se registraron valores que superan ampliamente el umbral de perceptibilidad clínica, confirmando el efecto pigmentante de la bebida energizante. En particular, se identificaron valores máximos elevados, lo que indica que determinadas muestras experimentaron alteraciones cromáticas severas.

Estadística descriptiva del Grupo 2

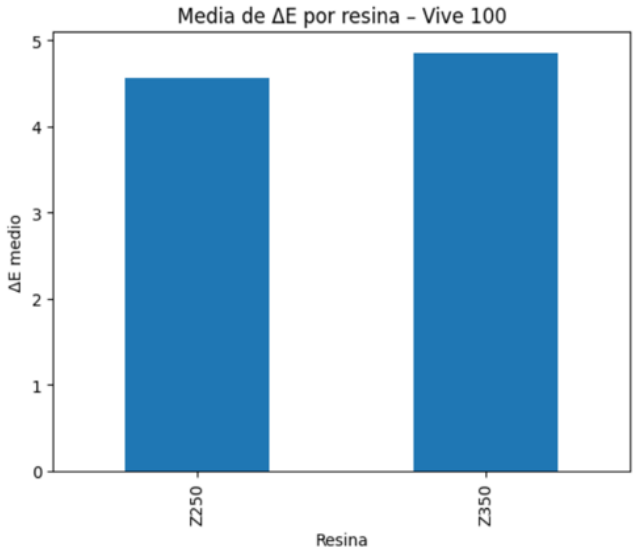
Tabla 11. Estadísticos descriptivos del cambio total de color (ΔE) en el grupo expuesto a Vive 100.

Resina	Media ΔE	DE	Mín	Máx
Filtek Z250	4,58	2,69	1,77	9,29
Filtek Z350 XT	4,85	2,28	2,82	11,02

La estadística descriptiva revela que ambas resinas presentaron valores medios de ΔE superiores a los registrados en el grupo control, evidenciando un efecto adicional de la bebida Vive 100 sobre la estabilidad del color. Aunque la media de ΔE fue ligeramente mayor en Filtek Z350 XT, Filtek Z250 mostró una mayor dispersión de los datos, lo que sugiere una respuesta cromática más variable frente a la exposición a la bebida energizante.

Representación gráfica del Grupo 2: Bebida energizante Vive 100

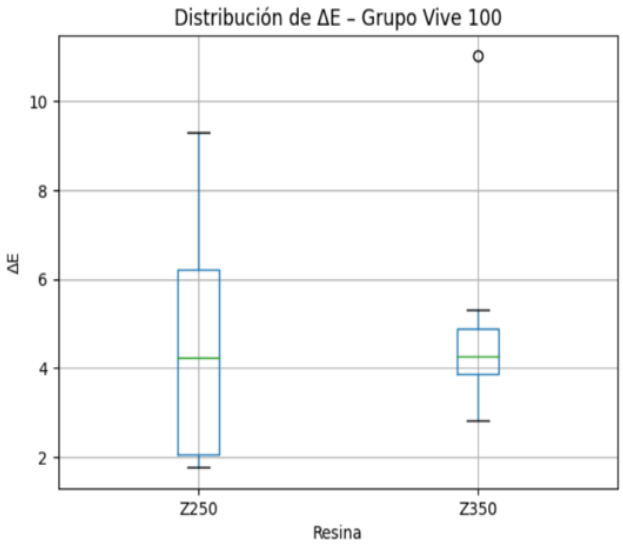
Gráfico 3. Media del cambio total de color (ΔE) en las resinas expuestas a Vive 100



El gráfico de barras muestra los valores medios del cambio total de color (ΔE) para las resinas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT tras la inmersión en la bebida energizante Vive 100. Se observa que ambas resinas presentan valores medios de ΔE superiores a los registrados en el grupo control, lo que confirma el efecto pigmentante de la bebida. Aunque la media de ΔE fue ligeramente mayor en Filtek Z350 XT, la diferencia entre ambos materiales es reducida, sugiriendo que la bebida afecta de manera comparable a ambas resinas en términos de cambio

cromático promedio. Este gráfico permite una visualización clara del impacto global de Vive 100 sobre la estabilidad del color, y sirve como base para la comparación posterior con el grupo expuesto a V220 y para el análisis intergrupo.

Gráfico 4. Distribución del cambio total de color (ΔE) por tipo de resina tras inmersión en Vive 100



El diagrama de caja y bigotes evidencia la dispersión de los valores de ΔE para ambas resinas expuestas a Vive 100. En Filtek Z250 se observa una mayor amplitud intercuartílica y la presencia de valores elevados, lo que indica una respuesta cromática más heterogénea frente a la bebida energizante. Por el contrario, Filtek Z350 XT presenta una distribución más compacta, aunque se identifica un valor atípico con un ΔE considerablemente alto, lo que sugiere que determinadas muestras pueden ser particularmente susceptibles al cambio de color.

La distribución observada refuerza los resultados obtenidos en la estadística descriptiva, destacando que, si bien ambas resinas se ven afectadas por la bebida, la variabilidad del cambio cromático difiere entre los materiales.

En conjunto, los resultados gráficos del grupo expuesto a Vive 100 confirman que la bebida energizante induce cambios cromáticos superiores a los observados en el grupo control, tanto en términos de magnitud promedio como de dispersión de los datos. Este

comportamiento sugiere que los componentes de la bebida, como su acidez y contenido de colorantes, desempeñan un papel determinante en la alteración del color de las resinas compuestas. A partir de estos hallazgos, resulta pertinente evaluar si una bebida con diferente perfil químico, como V220, genera un patrón de cambio cromático similar o más pronunciado.

Grupo 3: Bebida energizante V220

El grupo experimental V220 estuvo constituido por muestras de resina Filtek Z250 y Filtek Z350 XT sometidas a inmersión en esta bebida energizante durante un período de siete días. V220 presenta una composición diferente a Vive 100, lo que posibilitó analizar si variaciones en la formulación de bebidas energizantes generan respuestas cromáticas distintas en las resinas compuestas. La evaluación de este grupo permitió determinar la magnitud del cambio de color inducido por V220 y contrastar su efecto tanto con el grupo control como con la otra bebida energizante estudiada.

Datos cromáticos iniciales y finales.

Tabla 12. Valores cromáticos iniciales (T0) y finales (T7) de los parámetros L, a y b en las resinas Filtek Z250 tras inmersión en la bebida energizante V220.

N	L_1	a_1	b_1	L_2	a_2	b_2
1	63,6	0,2	19,4	57,1	-0,3	18,2
2	58,6	1,4	22,2	57,8	0,7	20
3	63,6	1,5	23,7	57,3	0,8	21,3
4	63,5	1,7	24,3	58,6	0,9	22
5	61,9	1,8	23,9	56,6	1,1	21,9
6	62,2	1,6	24,2	61,2	0,9	22,2
7	61,2	1,6	23,4	61,3	0,7	21,9
8	60,3	1,6	23,4	58,7	1,2	21,8
9	59,8	1,8	26,3	60,9	0,9	22,3
10	63,3	1,8	24	57,6	1	24,6

Tabla 13. Valores cromáticos iniciales (T0) y finales (T7) de los parámetros L, a y b en las resinas Filtek Z350 tras inmersión en la bebida energizante V220.

N	L_1	a_1	b_1	L_2	a_2	b_2
1	67,3	1,5	26	63,9	1,4	24,6

2	66,8	1,4	25,6	65,8	1,4	25,5
3	64,5	1,2	26,3	64,7	1,5	24,9
4	66,3	2,1	26,9	63,2	1,4	24,5
5	65,5	2,1	26,6	62,9	1,3	24,3
6	62,2	3,7	37,6	58,7	3,1	34
7	65,8	1,8	27,7	63,6	1,3	26,1
8	65,8	2,1	25,9	63	1,5	24,3
9	60,9	3,8	38,2	59,6	3,8	38,2
10	64,8	2,1	25,9	64,7	1,7	24,9

Las tablas 12 y 13 presentan los valores cromáticos iniciales y finales correspondientes al grupo expuesto a la bebida energizante V220. En ambas resinas se observa una disminución general del parámetro L, indicando una pérdida de luminosidad tras la inmersión. En la resina Filtek Z250, los cambios en L resultan más marcados que los observados en el grupo control, mientras que en Filtek Z350 XT se aprecian variaciones relevantes tanto en L como en b, particularmente en las muestras con valores iniciales elevados de este último parámetro.

Diferencias cromáticas individuales (ΔL, Δa, Δb).

Tabla 14. Diferencias cromáticas individuales (ΔL, Δa, Δb) tras inmersión en V220.

Z250				**Z350**			
N	**ΔL***	**Δa***	**Δb***	**N**	**ΔL***	**Δa***	**Δb***
1	-6,5	-0,5	-1,2	1	-3,4	-0,1	-1,4
2	-0,8	-0,7	-2,2	2	-1	0	-0,1
3	-6,3	-0,7	-2,4	3	0,2	0,3	-1,4
4	-4,9	-0,8	-2,3	4	-3,1	-0,7	-2,4
5	-5,3	-0,7	-2	5	-2,6	-0,8	-2,3
6	-1	-0,7	-2	6	-3,5	-0,6	-3,6
7	0,1	-0,9	-1,5	7	-2,2	-0,5	-1,6
8	-1,6	-0,4	-1,6	8	-2,8	-0,6	-1,6
9	1,1	-0,9	-4	9	-1,3	0	0
10	-5,7	-0,8	0,6	10	-0,1	-0,4	-1

Las diferencias cromáticas individuales evidencian que la bebida V220 induce reducciones consistentes en la luminosidad (ΔL negativo) en la mayoría de las muestras de ambas resinas. En Filtek Z250, se identifican pérdidas de luminosidad superiores a 6

unidades en varias muestras, acompañadas de reducciones en el parámetro b, lo que indica un desplazamiento hacia tonalidades más oscuras y menos amarillas. En Filtek Z350 XT, aunque las variaciones de L son generalmente más moderadas, se observa un patrón más homogéneo de reducción en b.

Cambio total de color (ΔE).

Tabla 15. Valores individuales del cambio total de color (ΔE) en las resinas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT tras inmersión en V220.

Z250		**Z350**	
N	**ΔE**	**N**	**ΔE**
1	6,65	1	3,7
2	2,42	2	1,01
3	6,78	3	1,44
4	5,53	4	4,01
5	5,73	5	3,57
6	2,39	6	5,02
7	1,77	7	2,8
8	2,29	8	3,27
9	4,31	9	1,3
10	5,78	10	1,08

Los valores de ΔE obtenidos en el grupo expuesto a V220 confirman la presencia de cambios cromáticos clínicamente perceptibles en ambas resinas. En Filtek Z250 se registraron valores elevados de ΔE, comparables e incluso superiores a los observados con Vive 100, mientras que Filtek Z350 XT presentó, en general, valores más bajos y una menor dispersión, lo que sugiere una mayor estabilidad cromática frente a esta bebida.

Estadística descriptiva del Grupo 3.

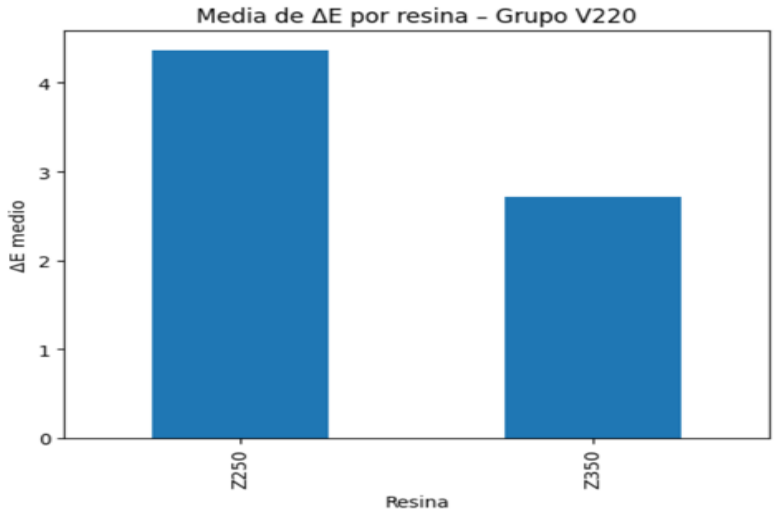
Tabla 16. Estadísticos descriptivos del cambio total de color (ΔE) en el grupo expuesto a V220.

Resina	**Media ΔE**	**DE**	**Mín**	**Máx**
Filtek Z250	4,57	1,86	1,77	6,78
Filtek Z350 XT	2,72	1,38	1,01	5,02

La estadística descriptiva indica que la resina Filtek Z250 presentó un valor medio de ΔE superior al de Filtek Z350 XT tras la inmersión en V220. Este resultado sugiere que la resina microhíbrida es más susceptible al cambio cromático inducido por esta bebida energizante. En contraste, la resina nano híbrida mostró valores medios más bajos y una menor dispersión, evidenciando una mayor resistencia al cambio de color.

Representación gráfica del Grupo 3: Bebida energizante V220.

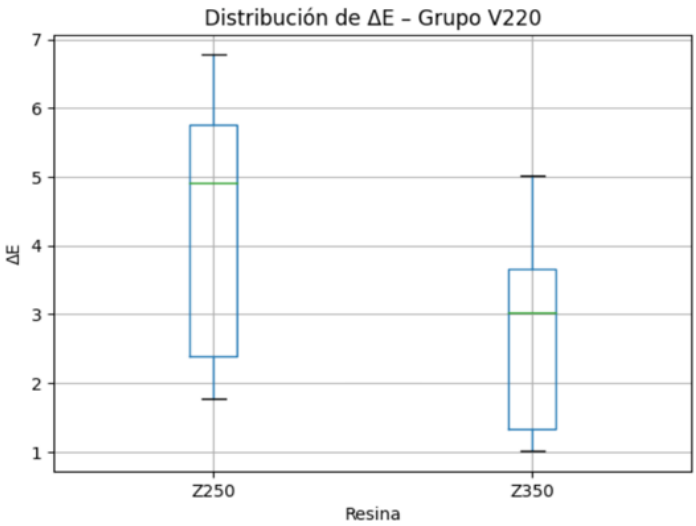
Gráfico 5. Media del cambio total de color (ΔE) por tipo de resina – Grupo V220



El gráfico de barras muestra los valores medios del cambio total de color (ΔE) para las resinas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT tras la inmersión en la bebida energizante V220. Se observa que la resina Filtek Z250 presenta un valor medio de ΔE considerablemente mayor que la resina Filtek Z350 XT, lo que indica una mayor susceptibilidad al cambio cromático inducido por esta bebida. Esta diferencia sugiere que la composición microhíbrida de Filtek Z250 ofrece menor resistencia frente a los efectos pigmentantes y al posible impacto del pH ácido de la bebida.

Este gráfico permite visualizar de forma clara la diferencia promedio entre ambos materiales y anticipa la posible existencia de diferencias estadísticamente significativas, las cuales serán evaluadas mediante pruebas inferenciales en secciones posteriores.

Gráfico 6. Distribución del cambio total de color (ΔE) por tipo de resina – Grupo V220



El diagrama de caja y bigotes evidencia una mayor dispersión de los valores de ΔE en la resina Filtek Z250 en comparación con Filtek Z350 XT. En el caso de Filtek Z250, se observa una mediana elevada y un rango intercuartílico amplio, lo que refleja una respuesta cromática heterogénea frente a la inmersión en V220. Por el contrario, Filtek Z350 XT presenta una distribución más compacta, con valores de ΔE generalmente bajos y una menor variabilidad entre las muestras.

La ausencia de valores extremos marcados en Filtek Z350 XT sugiere un comportamiento más estable y predecible del material, reforzando la hipótesis de que las resinas nanohíbridas presentan una mayor resistencia al cambio de color inducido por bebidas energizantes.

En conjunto, los gráficos del grupo expuesto a V220 confirman que esta bebida energizante induce cambios cromáticos perceptibles en ambas resinas, con un impacto significativamente mayor en Filtek Z250. La combinación de un mayor valor medio de ΔE y

una mayor dispersión de los datos en esta resina indica que la bebida ejerce un efecto variable y potencialmente clínicamente relevante sobre su estabilidad del color. Estos hallazgos, analizados junto con los resultados de los grupos control y Vive 100, justifican la necesidad de realizar un análisis comparativo global mediante estadística inferencial.

Análisis estadístico inferencial del cambio total de color (ΔE)

El análisis estadístico inferencial tuvo como objetivo determinar si las diferencias observadas en el cambio total de color (ΔE) de las resinas compuestas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT son estadísticamente significativas en función del tipo de solución de inmersión y del tipo de resina. Esta sección constituye el núcleo metodológico del estudio, ya que permite establecer con rigor científico si las variaciones cromáticas registradas responden a un efecto real de las bebidas energizantes o si pueden atribuirse a la variabilidad propia de las mediciones.

A diferencia del análisis descriptivo, que permitió identificar tendencias generales y magnitudes promedio del cambio cromático, el análisis inferencial evalúa formalmente la hipótesis de investigación mediante pruebas estadísticas. Todas las pruebas se realizaron sobre la variable ΔE, por tratarse del indicador integral del cambio de color en el sistema CIELAB y el parámetro de mayor relevancia clínica.

Verificación de supuestos estadísticos

Antes de aplicar pruebas paramétricas, se evaluaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas de los valores de ΔE. La normalidad se analizó mediante la prueba de Shapiro–Wilk, apropiada para tamaños muestrales pequeños, mientras que la homogeneidad de varianzas se evaluó mediante la prueba de Levene.

Tabla 17. Prueba de normalidad (Shapiro–Wilk) para ΔE

Resina	Solución de inmersión	W	p-valor
Filtek Z250	Agua destilada	0,962	0,827
Filtek Z250	Vive 100	0,941	0,5637
Filtek Z250	V220	0,95	0,6935
Filtek Z350 XT	Agua destilada	0,915	0,2921
Filtek Z350 XT	Vive 100	0,878	0,0389
Filtek Z350 XT	V220	0,921	0,3354

Los resultados muestran que la mayoría de los grupos presentan una distribución aproximadamente normal. Sin embargo, el grupo Filtek Z350 XT expuesto a Vive 100 presentó una desviación de la normalidad, lo que fue considerado al seleccionar las pruebas inferenciales posteriores.

Tabla 18. Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene)

Resina	Estadístico de Levene	p-valor
Filtek Z250	0,742	0,4842
Filtek Z350 XT	1,103	0,3437

La prueba de Levene indicó homogeneidad de varianzas en ambos materiales, permitiendo la comparación entre grupos. Con base en estos resultados, se procedió al análisis intragrupo. En el caso de Filtek Z250 se utilizó ANOVA de un factor, mientras que para Filtek Z350 XT se aplicó una prueba no paramétrica debido a la desviación de la normalidad.

Análisis intragrupo: efecto de la solución de inmersión

El análisis intragrupo evaluó si el cambio total de color (ΔE) de una misma resina varía en función de la solución de inmersión (agua destilada, Vive 100 y V220). Este análisis permite identificar cuál bebida genera el mayor cambio cromático dentro de un mismo material restaurador.

Tabla 19. Análisis intragrupo del ΔE según solución de inmersión

Resina	Prueba estadística	Estadístico	gl	p-valor
Filtek Z250	ANOVA de Welch	F = 4,916	2	0,0184
Filtek Z350 XT	Kruskal–Wallis	H = 7,413	2	0,0245

La tabla 19 resume los resultados del análisis intragrupo, cuyo objetivo fue evaluar si el cambio total de color (ΔE) de una misma resina varía significativamente en función de la solución de inmersión. Para la resina Filtek Z250 se aplicó un ANOVA de Welch, dado que se cumplían los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, mientras que para Filtek Z350 XT se utilizó la prueba de Kruskal–Wallis debido a la desviación de la normalidad detectada en uno de los grupos.

Los valores de p inferiores a 0,05 en ambos análisis indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las soluciones de inmersión para cada resina. Este resultado confirma que el tipo de bebida influye de manera significativa en la magnitud del cambio cromático, y que el ΔE no se mantiene constante cuando las resinas son expuestas a diferentes medios.

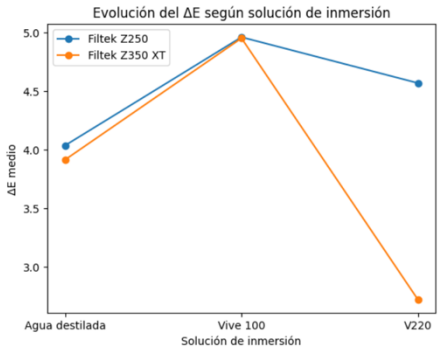
Tabla 20. Comparaciones post hoc intragrupo (Filtek Z350 XT)

Comparación	Estadístico U	p (sin ajuste)	p (Holm)
Agua destilada vs Vive 100	16	0,0127	0,0381
Agua destilada vs V220	18	0,0183	0,0366
Vive 100 vs V220	34	0,2384	0,2384

La tabla 20 presenta los resultados de las comparaciones post hoc realizadas para la resina Filtek Z350 XT, utilizando la prueba de Mann–Whitney U con corrección de Holm para el control del error tipo I. Estas comparaciones se llevaron a cabo tras obtener un resultado significativo en la prueba global de Kruskal–Wallis, con el fin de identificar específicamente entre qué pares de soluciones existen diferencias estadísticamente significativas.

Los resultados muestran que tanto Vive 100 como V220 generan cambios de color significativamente mayores que el agua destilada, evidenciado por valores de p ajustados inferiores a 0,05. En contraste, la comparación entre las dos bebidas energizantes no mostró diferencias estadísticamente significativas, lo que sugiere que ambas producen un efecto cromático similar sobre esta resina. Este hallazgo indica que, aunque la resina Filtek Z350 XT presenta mayor estabilidad cromática, las bebidas energizantes siguen teniendo un impacto superior al del grupo control.

Gráfico 7. Evolución del ΔE medio según solución de inmersión (análisis intragrupo)



El gráfico de líneas muestra un incremento del ΔE al pasar del agua destilada a las bebidas energizantes en ambas resinas. En Filtek Z250, el ΔE medio aumenta desde aproximadamente 4,0 en agua destilada hasta valores cercanos a 5,0 en Vive 100, manteniéndose elevado en V220. En Filtek Z350 XT se observa un comportamiento similar frente a Vive 100; sin embargo, en V220 el ΔE desciende de manera marcada, lo que indica una mayor resistencia de este material frente a dicha bebida.

Este patrón visual confirma los resultados estadísticos y evidencia que Vive 100 es la bebida que induce el mayor cambio cromático intragrupo, especialmente en Filtek Z250.

Análisis inter-grupo: comparación entre resinas

El análisis inter-grupo tuvo como objetivo determinar si, bajo una misma solución de inmersión, existen diferencias significativas en el cambio total de color entre las resinas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT.

Tabla 21. Comparación inter-grupo del ΔE entre resinas (Mann–Whitney U)

Solución	U	p-valor	Media ΔE Z250	Media ΔE Z350 XT
Agua destilada	28	0,0417	4,036	3,914
Vive 100	17	0,0123	4,961	4,952
V220	11	0,0048	4,569	2,72

La tabla 21 muestra los resultados del análisis inter-grupo, cuyo objetivo fue comparar el cambio total de color entre las resinas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT bajo una misma solución de inmersión. Dado el tamaño muestral y la presencia de desviaciones de normalidad en algunos grupos, se utilizó la prueba no paramétrica de Mann–Whitney U.

Los valores de p obtenidos fueron inferiores a 0,05 en las tres soluciones evaluadas, lo que indica diferencias estadísticamente significativas entre ambas resinas. En todos los casos, Filtek Z250 presentó valores medios de ΔE superiores a los de Filtek Z350 XT, confirmando una menor estabilidad cromática del material microhíbrido frente a condiciones tanto controladas como pigmentantes.

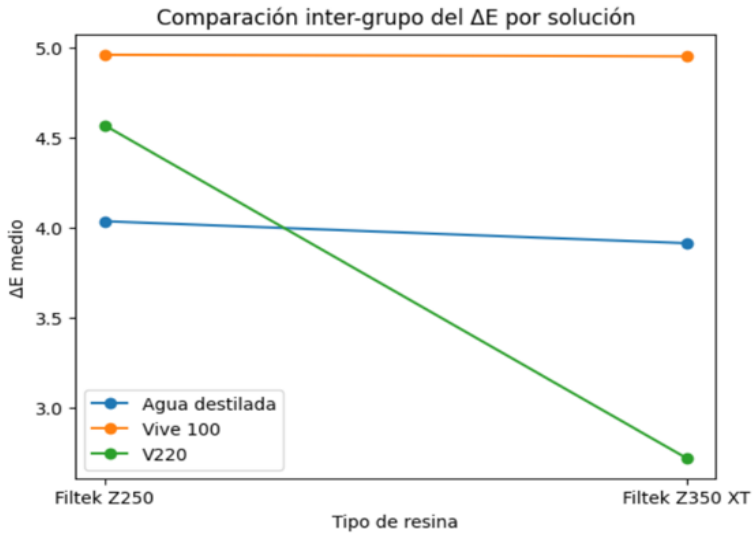
Tabla 22. Comparación inter-grupo complementaria (t de Welch)

Solución	t	p-valor
Agua destilada	2,144	0,0461
Vive 100	2,692	0,0148
V220	3,941	0,0012

La tabla 22 presenta los resultados de la prueba t de Welch aplicada como análisis paramétrico complementario para la comparación inter-grupo. Esta prueba se utilizó debido a su robustez frente a posibles desigualdades de varianza y diferencias en la distribución de los datos.

Los valores de p obtenidos corroboran los resultados de la prueba de Mann–Whitney U, mostrando diferencias estadísticamente significativas entre las resinas en todas las soluciones de inmersión. La concordancia entre los resultados paramétricos y no paramétricos refuerza la solidez del análisis estadístico y aumenta la confianza en la conclusión de que Filtek Z250 presenta una mayor susceptibilidad al cambio cromático en comparación con Filtek Z350 XT.

Gráfico 8. Comparación inter-grupo del ΔE medio por solución



El gráfico de líneas muestra la comparación inter-grupo del cambio total de color (ΔE) entre las resinas Filtek Z250 y Filtek Z350 XT para cada una de las soluciones de inmersión evaluadas. En el eje horizontal se representan los tipos de resina, mientras que el eje vertical indica el valor medio de ΔE. Cada línea corresponde a una solución de inmersión, lo que permite visualizar de forma simultánea el comportamiento cromático de ambos materiales bajo condiciones equivalentes.

Para el grupo control (agua destilada), se observa una ligera disminución del ΔE al pasar de Filtek Z250 a Filtek Z350 XT, lo que indica una mayor estabilidad cromática de la resina nanohíbrida incluso en condiciones no pigmentantes. Aunque la diferencia es moderada, esta tendencia concuerda con los resultados del análisis estadístico inter-grupo, donde se evidenciaron diferencias significativas entre ambas resinas.

En el caso de la bebida energizante Vive 100, la línea se mantiene prácticamente horizontal, mostrando valores elevados y muy similares de ΔE para ambas resinas. Este comportamiento sugiere que Vive 100 ejerce un efecto pigmentante intenso y comparable sobre ambos materiales, reduciendo las diferencias de comportamiento cromático entre la resina microhíbrida y la nanohíbrida. Esta observación refuerza los resultados del análisis intra-grupo, donde Vive 100 fue identificada como la bebida con mayor impacto sobre el cambio de color.

Por el contrario, la bebida energizante V220 presenta una pendiente descendente marcada entre Filtek Z250 y Filtek Z350 XT. En este caso, Filtek Z250 muestra un ΔE medio notablemente mayor, mientras que Filtek Z350 XT evidencia una reducción significativa del cambio cromático. Este patrón visual indica que la resina nanohíbrida presenta una mayor resistencia al efecto pigmentante de V220, lo que coincide con los resultados inferenciales que mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ambas resinas para esta solución.

En conjunto, este gráfico permite integrar visualmente los resultados del análisis inter-grupo y confirma que la magnitud del cambio total de color depende tanto del tipo de resina como de la solución de inmersión. Además, evidencia que la superioridad cromática de Filtek Z350 XT es más marcada frente a determinadas bebidas energizantes, mientras que frente a soluciones altamente pigmentantes como Vive 100, ambos materiales muestran un comportamiento cromático similar.

Discusión

En el presente estudio se evaluó el efecto de diferentes bebidas energizantes sobre la estabilidad del color de dos resinas compuestas de uso clínico frecuente: Filtek Z250, de tipo microhíbrido, y Filtek Z350 XT, de tipo nano híbrido. Para ello, se empleó el sistema

cromático CIELab, el cual permite cuantificar de manera precisa las variaciones en la luminosidad (L) y en los ejes cromáticos rojo – verde (a) y azul – amarillo (b). Estos parámetros constituyen la base para el cálculo del cambio total de color (ΔE), considerado el estándar de referencia para este tipo de estudios.

En relación con una tendencia general se encontró que tanto Vive 100 como V220 generan cambios de color significativamente mayores que el agua destilada, evidenciado por valores de p inferiores a 0,05. En contraste, la comparación entre las dos bebidas energizantes no mostró diferencias estadísticamente significativas, este hallazgo indica que, aunque la resina Filtek Z350 XT presenta mayor estabilidad cromática, las bebidas energizantes siguen teniendo un impacto superior al del grupo control.

El grupo de control representado por el agua destilada buscó simular el ambiente bucal húmedo imitando la acción de enjuague de flujo salival ya que la saliva artificial no refleja un medio clínico relevante, al igual que se utilizó en otros estudios como el de Abouelmagd (2022) en donde actúa disminuyendo la dureza de las resinas en un tiempo de 24 horas durante 7 días similar al presente estudio.

La exposición a la bebida energizante Vive 100 que se ingiere con frecuencia en nuestro país produjo un incremento significativo del ΔE en ambas resinas, superando ampliamente los valores observados en el grupo control. El análisis intragrupo confirmó diferencias estadísticamente significativas entre el agua destilada y esta bebida, lo que respalda el efecto cromático de los colorantes artificiales, el pH ácido y la presencia del EDTA disódico que contribuye a la erosión y desmineralización de las restauraciones dentales. Estos resultados concuerdan con AlDharrab A.(2013) y su estudio demostrando que la bebida energizante en este caso Bison acelera la degradación superficial de la resina, incrementando la rugosidad y facilitando la adsorción de colorantes.

Aunque los valores medios de ΔE fueron ligeramente mayores en Filtek Z350 XT frente a Vive 100, el análisis inter-grupo mostró que las diferencias entre resinas fueron estadísticamente significativas, pero clínicamente estrechas. Este comportamiento sugiere que, ante un desafío pigmentante intenso, como el de Vive 100, la capacidad protectora conferida por la nanotecnología se ve parcialmente superada, generando un impacto cromático comparable en ambos materiales.

En el grupo expuesto a la bebida energizante V220, se evidenció un patrón distinto. La resina Filtek Z250 presentó valores medios de ΔE significativamente mayores que Filtek Z350 XT. Este resultado indica que, frente a esta bebida, la resina nanohíbrida mantiene una mayor estabilidad cromática, atribuible a la combinación de partículas nanométricas y submicrométricas, lo que permite una mayor densidad de relleno y una distribución más homogénea en la matriz, favoreciendo una superficie más lisa tras el pulido, mayor resistencia al desgaste y una menor susceptibilidad a la absorción y adsorción de pigmentos (Ertas et al.,2006).

Determinamos mediante el análisis inferencial que el tipo de solución de inmersión si ejerce un efecto significativo sobre el ΔE en ambas resinas, y más si presentan componentes ácidos que degradan la superficie disminuyendo su microdureza y causando pigmentaciones, teniendo en cuenta también los tiempos de inmersión a los que fueron expuestas de 24 horas durante 7 días, lo que concuerda con estudios realizados por Khan et al, Al-Shekhli y Abouelmagd (2022).

Asimismo, en la comparación inter-grupo Los valores de p obtenidos fueron inferiores a 0,05 en las tres soluciones evaluadas, lo que indica diferencias estadísticamente significativas entre ambas resinas, resultados similares obtenidos por Mohamad et al., 2023 en su estudio de resinas expuestas a bebidas ácidas y con cafeína. Teniendo un cambio más

relevante de ΔE de parte de Filtek Z250 en comparación a Filtek Z350 XT, tanto en condiciones controladas como experimentales, demostrando que las resinas microhíbridas muestran una respuesta cromática más variable y clínicamente desfavorable debido a que contienen partículas de relleno micrométricas, lo que incrementa la probabilidad de desprendimiento de partículas y aumento de la rugosidad superficial lo que facilita la retención de colorantes y la degradación superficial, especialmente bajo condiciones de desafío químico, como la exposición a bebidas ácidas y pigmentadas, lo que se traduce en mayores valores de ΔE (Owens et al., 2014).

En conjunto, los resultados de este estudio confirman que las bebidas energizantes inducen cambios cromáticos clínicamente perceptibles en las resinas compuestas, y que la magnitud de estos cambios depende tanto de la composición del material restaurador como del perfil químico de la bebida. Desde una perspectiva clínica, estos hallazgos resaltan la importancia de considerar el tipo de resina al realizar restauraciones en pacientes con consumo habitual de bebidas energizantes, así como la necesidad de reforzar las recomendaciones dietéticas para preservar la estabilidad estética a largo plazo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio tienen implicaciones clínicas relevantes en la selección de materiales restauradores y en la orientación que el profesional debe brindar a los pacientes respecto a sus hábitos de consumo. El análisis estadístico inferencial demostró que las bebidas energizantes evaluadas generan cambios de color estadísticamente significativos en las resinas compuestas, lo que confirma que la estabilidad cromática de los materiales restauradores puede verse comprometida por factores extrínsecos presentes en la dieta cotidiana del paciente.

Desde una perspectiva clínica, los valores de ΔE registrados en las resinas expuestas a bebidas energizantes superan, en varios casos, los umbrales de perceptibilidad y aceptabilidad visual reportados en la literatura. Esto implica que los cambios cromáticos observados no solo son detectables instrumentalmente, sino que pueden ser percibidos por el ojo humano y, por lo tanto, afectar el resultado estético de las restauraciones, especialmente en zonas anteriores o de alta exigencia estética.

El comportamiento diferencial entre las resinas evaluadas constituye una consideración fundamental para la práctica clínica. Filtek Z350 XT mostró una mayor estabilidad cromática frente a las bebidas energizantes, particularmente frente a V220, lo que sugiere que las resinas nanohíbridas podrían ofrecer mejores resultados estéticos a largo plazo en pacientes con consumo frecuente de este tipo de bebidas. En contraste, Filtek Z250 presentó valores de ΔE consistentemente mayores, evidenciando una mayor susceptibilidad al cambio de color, lo que podría traducirse en una mayor necesidad de mantenimiento o reemplazo de las restauraciones.

Asimismo, los resultados del análisis intragrupo indican que no todas las bebidas energizantes tienen el mismo impacto sobre la estabilidad del color. Vive 100 se identificó como la bebida con mayor potencial de alteración cromática, lo que puede estar relacionado con su composición química, contenido de colorantes y acidez. Este hallazgo resalta la importancia de considerar no solo el consumo de bebidas energizantes en general, sino también el tipo específico de bebida, al evaluar el riesgo de deterioro estético de las restauraciones.

Los supuestos estadísticos evaluados permitieron la aplicación adecuada de pruebas paramétricas y no paramétricas según correspondía a cada grupo. La verificación de normalidad y homogeneidad de varianzas garantizó la validez del uso del ANOVA, pruebas

post hoc y pruebas de comparación entre grupos, fortaleciendo la confiabilidad de las conclusiones derivadas del análisis inferencial.

En conjunto, los resultados estadísticos permiten rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de investigación, confirmando que tanto el tipo de bebida energizante como el tipo de resina influyen significativamente en el cambio total de color (ΔE) de las resinas compuestas evaluadas.

Finalmente, estos resultados refuerzan la necesidad de incorporar la educación del paciente como parte integral del tratamiento restaurador. Informar al paciente sobre el posible impacto de ciertas bebidas en la estabilidad del color de las restauraciones, así como recomendar medidas preventivas como el enjuague con agua tras su consumo o la selección de materiales con mayor resistencia cromática puede contribuir a prolongar la vida útil estética de las restauraciones y mejorar la satisfacción del paciente con el tratamiento recibido.

Referencias

Abouelmagd DM, Basheer RR. Evaluación de la micro dureza de composites de resina microhíbrida frente a nanorrellena tras la exposición a bebidas ácidas. J Int Soc Prevent Communit Dent 2022;12: 3539.

Al-Dharrab A. Effect of Energy Drinks on the Color Stability of Nanofilled Composite Resin. J Contemp Dent Pract 2013;14(4):704-711. https://www.thejcdp.com/doi/pdf/10.5005/jp-journals-10024-1388

Altıparmak ET, Oktay EA, Karaoğlanoğlu S, Aydın N, Ersöz B, Özarslantürk S. The effect of cold drinks on the coloratio ofresin-containing restorative materials. Int Dent Res 2022; 12:14-20.

de Oliveira AG, Rocha RS, Spinola MDS, Batista GR, Bresciani E, Caneppele TMF. Surface smoothness of resin composites after polishing-A system atic review and network meta-analysis of in vitro studies. Eur J Oral Sci. 2023;131(2): e12921.

Ertas E, Güler AU, Yücel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. Dent Mater J. 2006;25:371–6.

Fathima JN, Hashir MM, Padmanabhan K. Spectrophotometric evaluation of color stability of composite resin after exposure to cold drinks: An in vitro study. J Conserv Dent Endod 2024;27:195-9.

Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurts. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. J Prosthet Dent 2005;94:118-24.

Haberal M* , Tar ET, Bayraktar Y. Effect of repolishing on the color stability of a supra-nano spherical filled composite resin: An in vitro study. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects. 2025;19(2).

Hashir M, Ravishankar P,Dha napal S, Pradeep Kumar AR. Color match of composite resin and remaining tooth structure over a period of 28 days using spectrophotometer-a randomized clinical trial. Oper Dent 2021;46:609-20.

Hemalatha NP. A comparative evaluation of the effect of sports and fruit drinks on the surface roughness of nanofilled composite and light cure GIC: an in vitro study. Int J Clin Pediatr Dent. 2018;11:417–24.

Kumari RV, Nagaraj H, Siddaraju K, Poluri RK. Evaluation of the effect of surface polishing, oral beverages and food colorants on color stability and surface roughness of nanocomposite resins. J Int Oral Health 2015;7:63-70.

MB Uctasli, Sufyan Garoushi*, M Uctasli, PK Vallittu, and L Lassila. A comparative assessment of color stability among various commercial resin composites. BMC Oral Health (2023) 23:789.

Mohamad Kharib, A.; Chamorro Petronacci, C.; Pérez Jardón, A.; Castelo Baz, P.; ¡Martín Biedma, B.; Ginzo Villamayor, MJ; García, A. Susceptibilidad a la tinción de compuestos microhíbridos y nano híbridos al exponerlos a diferentes soluciones de color. Appl. Sci. 2023, 13, 11211.

Owens BM, Mallette JD, Phebus JG. Effects of carbonated cola beverages, sports and energy drinks and orange juice on primary and permanent enamel dissolution. Austin J Dent. 2014;1:1004.

Paolone G, Formiga S, De Palma F, Abbruzzese L, Chirico L, Scolavino S, Goracci C, Cantatore G, Vichi A. Color stability of resin-based composites: staining procedures with liquids-A narrative review. J Esthet Restor Dent. 2022;34(6):865–87.

Singh T, V M, Sahu S, et al. (July 14, 2023) A Comparative Evaluation of the Effect of Different Beverages on Colour Stability and Surface Micromorphology of

Nanocomposite Restorative Material. Cureus 15(7): e41905. DOI 10.7759/cureus.41905 https://doi.org/ 10.3390/app132011211