



**CAMBIOS CROMÁTICOS EN UNA RESINA NANO HÍBRIDA EVALUADOS
POR EL SISTEMA CIELAB TRAS INMERSIÓN EN AGENTES PIGMENTANTES:
ESTUDIO IN VITRO**

AUTORES

**JUAN DAVID PUENTES REBOLLEDO
NICOLÁS ROMERO MARTÍNEZ**

**COLEGIO ODONTOLÓGICO
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA - UNICOC
15 DE JUNIO DEL 2025**





**CAMBIOS CROMÁTICOS EN UNA RESINA NANO HÍBRIDA EVALUADOS
POR EL SISTEMA CIELAB TRAS INMERSIÓN EN AGENTES PIGMENTANTES:
ESTUDIO IN VITRO**

AUTORES

**JUAN DAVID PUENTES REBOLLEDO
NICOLAS ROMERO MARTINEZ**

DIRECTOR

DRA. JULIANA ZULUAGA
ESPECIALISTA EN BIOMATERIALES, OPERATORIA Y ESTETICA DENTAL

ASESOR METODOLÓGICO
ALEJANDRA MARLETH ORDOÑEZ MOLINA
MAGISTER EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

ASESOR ESTADÍSTICO
JULIAN ANDRES TAMAYO CARDONA
ODONTOLOGO, MAGISTER EN EPIDEMIOLOGIA

COLEGIO ODONTOLÓGICO
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA - UNICOC
REHABILITACION ORAL

cambios cromáticos en una resina nano híbrida evaluados por el sistema CIELAB tras inmersión en agentes pigmentantes: estudio in vitro

Juan David Puentes Rebolledo ¹, Nicolas Romero Martínez ¹, Juliana Zuluaga ²

1. Residentes de rehabilitación oral 2. especialista en biomateriales, operatoria y estética

Resumen

Introducción: La estabilidad del color es un factor determinante en el éxito clínico de las restauraciones estéticas. Las resinas compuestas pueden sufrir alteraciones cromáticas tras la exposición a agentes pigmentantes comunes.

Objetivo: Evaluar in vitro la estabilidad del color de la resina nanohíbrida Zafira Light Curing Composite® tras la inmersión en café, té, vino tinto y solución salina, mediante el análisis de las coordenadas CIELAB y el cálculo del ΔE_{00} .

Materiales y métodos: Se confeccionaron 32 discos de resina con una matriz de resina estandarizada y se distribuyeron aleatoriamente en 4 grupos (n=8): café, té, vino tinto, solución salina. Las muestras fueron sumergidas en las soluciones durante 12 días, con cambios cada 48 horas. Se realizaron mediciones espectrofotométricas antes y después del procedimiento, registrando los valores L^* , a^* , b^* y ΔE_{00} . Se aplicaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

Resultados: Se observaron cambios estadísticamente significativos en las variables cromáticas, especialmente en el croma b^* ($p < 0,05$), con el vino tinto generando la mayor alteración de color perceptible (ΔE_{00} promedio: $4,20 \pm 1,24$), seguido por el té (ΔE_{00} : $3,45 \pm 1,19$) y el café (ΔE_{00} : $2,76 \pm 1,08$). El grupo control mostró cambios mínimos (ΔE_{00} : $0,57 \pm 0,32$).

Conclusiones: La resina Zafira Light Curing Composite® presentó alteraciones de color clínicamente perceptibles tras la exposición a soluciones pigmentantes, siendo el vino tinto el agente con mayor efecto cromático. Estos hallazgos destacan la

importancia de considerar la dieta del paciente en la longevidad estética de las restauraciones.

Palabras clave:

Estabilidad del color; resinas compuestas; CIELAB; ΔE_{00} ; pigmentación; restauraciones estéticas; espectrofotometría.

chromatic changes in a nano hybrid resin evaluated by the CIELAB system after immersion in pigmenting agents: in vitro study

Abstract

Introduction: Color stability is a key factor in the clinical success of aesthetic restorations. Composite resins may undergo chromatic alterations when exposed to common staining agents.

Objective: To evaluate in vitro the color stability of the nanohybrid resin Zafira Light Curing Composite® after immersion in coffee, tea, red wine, and saline solution, using CIELAB coordinates and ΔE_{00} calculations.

Materials and Methods: 32 resin discs were made with a standardized resin matrix and randomly distributed into 4 groups (n=8): coffee, tea, red wine, saline solution. The samples were immersed in the solutions for 12 days, with changes every 48 hours. Spectrophotometric measurements were made before and after the procedure, recording the values L^* , a^* , b^* and ΔE_{00} . Non-parametric Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$) were applied.

Results: Statistically significant changes were found in color variables, particularly in the b^* chroma ($p < 0.05$). Red wine caused the greatest perceptible color change (mean ΔE_{00} : 4.20 ± 1.24), followed by tea (ΔE_{00} : 3.45 ± 1.19) and coffee (ΔE_{00} : 2.76 ± 1.08). The control group showed minimal variation (ΔE_{00} : 0.57 ± 0.32).

Conclusions: Zafira Light Curing Composite® exhibited clinically perceptible color changes after exposure to staining solutions, with red wine showing the greatest

chromatic effect. These results emphasize the importance of considering patients' dietary habits in the aesthetic longevity of composite restorations.

Keywords

Color stability; composite resins; CIELAB; ΔE_{00} ; staining; aesthetic restorations; spectrophotometry.

Introducción

En la odontología restauradora contemporánea, uno de los principales retos clínicos es lograr restauraciones que no solo posean propiedades mecánicas adecuadas, sino que también conserven una apariencia estética estable a lo largo del tiempo (1). Las resinas compuestas, introducidas en la década de 1950, (2) han experimentado una notable evolución en cuanto a su composición y desempeño clínico. Desde las primeras formulaciones con partículas de relleno de gran tamaño de hasta 5 μm (3), se ha avanzado hacia la incorporación de microrrellenos y, más recientemente, nanorrellenos, mejorando significativamente tanto la resistencia mecánica como el comportamiento estético de estos materiales (1).

El desarrollo de las resinas de microrrelleno, con partículas de sílice pirogénico de aproximadamente 0,04 μm (3), ofreció un excelente comportamiento estético, aunque con limitaciones mecánicas según Kiho Choa, et col.(3) La posterior introducción de resinas con nano-relleno, con partículas de entre 20 y 100 nm, permitió combinar las propiedades estéticas de las resinas micrométricas con la resistencia de las híbridas, constituyéndose en una opción ideal para restauraciones tanto anteriores como posteriores (4). La composición de la matriz orgánica, constituida por monómeros como Bis-GMA, UDMA y TEGDMA (5), también ha sido determinante en la manipulación clínica, la contracción por polimerización y la estabilidad cromática según Ginu Rajando (3). La incorporación de rellenos inorgánicos como vidrio de sílice, dióxido de circonio y óxidos de estroncio, ha mejorado cualidades como la translucidez, el pulido y la radiopacidad (4,6).

En este contexto, las resinas nanohíbridas representan una generación avanzada de materiales restauradores. Este tipo de resinas combina partículas micro y nanométricas, lo cual proporciona un balance óptimo entre resistencia, estética y capacidad de pulido (3,6). La resina Zafira Light Curing Composite® es un ejemplo de esta tecnología. De reciente introducción en Colombia, esta resina contiene una carga inorgánica distribuida entre 40 nm y 2 μm , con un tamaño medio de 0,7 μm y una carga total superior al 78% en peso. Su matriz polimérica, compuesta por diferentes metacrilatos, incorpora también vidrio de bario y dióxido de silicio (7), ofreciendo una buena resistencia mecánica, excelente acabado superficial y estabilidad estética (1)

Pese a estos avances, la estabilidad del color continúa siendo una preocupación clínica relevante. Factores como la conversión incompleta de monómeros, la

profundidad de curado, la intensidad de la luz de polimerización, el tipo de pulido en seco o húmedo (8), y especialmente, la exposición a agentes pigmentantes como el café, el té y el vino tinto, pueden comprometer la apariencia de la restauración (9). Estas bebidas contienen cromógenos, taninos y presentan un pH ácido, lo que favorece la absorción de pigmentos por la superficie del material restaurador. La rugosidad superficial, influenciada por la técnica de acabado y pulido, también desempeña un papel importante en la susceptibilidad a la pigmentación (10 - 11).

Por ello, resulta esencial comprender el comportamiento de los materiales restauradores frente a agentes pigmentantes, para seleccionar adecuadamente los compuestos en función de su desempeño clínico a largo plazo (12 -13). Este estudio tiene como objetivo evaluar la estabilidad del color de la resina nanohíbrida Zafira Light Curing Composite® tras la exposición a bebidas pigmentantes como el café, el té, el vino tinto y una solución salina como grupo control, en un modelo experimental in vitro. Se analizarán los cambios en los parámetros cromáticos medidos por espectrofotometría (luminosidad L^* , croma a^* , croma b^* y ΔE), determinando el impacto del tipo de sustancia y el tiempo de exposición sobre la estabilidad del color. Los resultados de este estudio buscan aportar evidencia científica que apoye la toma de decisiones clínicas en la selección de materiales estéticos duraderos y eficaces.

Materiales y métodos

Diseño del estudio

Se realizó un estudio experimental in vitro de tipo comparativo, cuyo objetivo fue evaluar la estabilidad del color de una resina compuesta nanohíbrida (Zafira light curing Composite®, tono esmalte A2, New Stetic) ante la exposición prolongada a distintas soluciones pigmentantes: café, té, vino tinto y solución salina.

Población y criterios de selección

La población correspondió a discos de resina elaborados según los parámetros de la norma ISO 7491, con un diámetro de 5 mm y una altura de 2 mm. Se incluyeron únicamente discos que cumplieran con las dimensiones preestablecidas, elaborados

con la resina Zafira light curing Composite® tono A2, y con superficies lisas, pulidas y homogéneas. Se excluyeron aquellos discos que presentaban irregularidades visibles o que no cumplían con los criterios dimensionales establecidos.

Tamaño de muestra y muestreo

El tamaño muestral se calculó mediante el software GPower 3.1 con un error de 0,05 y un nivel de confianza del 80%, resultando en un total de 32 discos, divididos aleatoriamente en cuatro grupos (n=8 por grupo), cada uno correspondiente a una solución experimental (café, té, vino tinto, solución salina). La asignación de los discos fue completamente aleatoria y cada uno fue almacenado e identificado con un código distintivo para evitar sesgos durante las mediciones.

Elaboración de las muestras

Se implementó una matriz circular impresa en resina como molde, recubierta con una delgada capa de vaselina para facilitar la remoción posterior. La resina fue aplicada en un solo incremento, compactada mediante una tira de celuloide y una loseta de vidrio. Posteriormente, se realizó la fotopolimerización con una lámpara LED O-Light Max Woodpecker® calibrada previamente, con una intensidad de 1.947 mW/cm² durante 20 segundos.

Finalizada la polimerización, se verificaron las dimensiones de cada disco con instrumentos de medición calibrados. Las muestras fueron almacenadas en frascos de vidrio ámbar en un ambiente oscuro durante 48 horas antes del proceso de acabado y pulido. El pulido se realizó con discos 3M™ Sof-Lex™ XT, Essential Kit en húmedo, a una velocidad de 15.000–20.000 rpm, durante 10 segundos por superficie, siguiendo una dirección uniforme y presión ligera.

Procedimiento experimental

Los discos fueron divididos en cuatro grupos según la sustancia en la que serían sumergidos: café, té, vino tinto y solución salina (grupo control). Cada disco fue almacenado en un frasco de vidrio ámbar con 2 ml de la sustancia correspondiente. Posteriormente, se colocaron en una incubadora shaker (Jeio Tech® ISS-7100) a 37 °C y 200 rpm durante 12 días, con renovación de las soluciones cada 48 horas.

La evaluación del color se realizó en dos momentos: T1 (antes de la inmersión) y T2 (tras 288 horas). Se utilizó un espectrofotómetro Pocket Spec previamente calibrado para registrar los valores del sistema CIE Lab* (luminosidad, croma a y b), realizando tres mediciones por disco para asegurar la confiabilidad de los datos. El cambio de color (ΔE_{00}) fue calculado según la fórmula estandarizada.

Variables del estudio

- Variable dependiente principal: Estabilidad del color, evaluada mediante los parámetros L^* , a^* , b^* y ΔE_{00} .
- Variables independientes: Tipo de sustancia (café, té, vino tinto, solución salina) y tiempo de inmersión (T1: 0 horas; T2: 288 horas).

Análisis estadístico

Los datos fueron registrados en Microsoft Excel y analizados mediante el software GraphPad Prism v9.4.1. Se calcularon medidas de tendencia central y dispersión para los valores de L^* , a^* , b^* y ΔE_{00} . Para el análisis intragrupo (T1 vs. T2) se utilizaron pruebas t-Student pareadas o Wilcoxon, según el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene). Para comparaciones entre grupos (según la sustancia), se aplicaron ANOVA o Kruskal-Wallis, dependiendo del tipo de distribución. El nivel de confianza fue del 80%, con una significancia estadística establecida en $p < 0.05$.

Resultados

Se conformaron cuatro grupos experimentales, cada uno compuesto por ocho discos de resina Zafira Light Curing Composite®, correspondientes a las soluciones de inmersión: solución salina, café, vino tinto y té, para un total de 32 discos analizados. Inicialmente, se aplicaron pruebas de normalidad, sin encontrarse evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de normalidad. En consecuencia, se utilizaron pruebas no paramétricas: Kruskal-Wallis para comparaciones entre más de dos grupos y Mann-Whitney U para comparaciones entre pares de grupos.

La Tabla 1 presenta los valores medianos y rangos intercuartílicos (RIC) de las variables de la escala CIELAB —luminosidad (L), croma a (Ca) y croma b (Cb)— antes y después de la inmersión. No se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos antes de la inmersión ($p > 0,05$). Sin embargo, tras 12 días de exposición, se observaron cambios estadísticamente significativos ($p < 0,05$) en al menos uno de los grupos evaluados para las tres variables analizadas.

	Solución Salina Mediana (RIC)	Café Mediana (RIC)	Vino Mediana (RIC)	Te Mediana (RIC)	P valor
Luminosidad antes de la inmersión	85,50(85,00- 86,33)	85,67(85,00- 86,33)	86,00(85,00- 86,50)	85,67(85,00- 86,33)	0,927
Luminosidad después de 12 días de la inmersión	95,00(95,00- 95,00)	94,00(94,00- 94,00)	92,00(91,67- 92,00)	95,00(95,00- 95,00)	0,000
Croma a antes de la inmersión	9,83(9,17-10,33)	9,83(9,50-10,33)	9,67(9,33-10,50)	9,83(9,33-10,00)	0,984
Croma a después de 12	3,33 (3,17-3,67)	3,33(3,00-3,67)	4,00(4,00-4,17)	3,33(3,17-3,33)	0,000

días de inmersión					
Croma b antes de la inmersión	57,67(56,50-57,67)	57,67(56,67-57,67)	57,67(57,00-58,33)	57,67(56,50-57,67)	0,828
Croma b después de 12 días de inmersión	5,00 (5,00-5,00)	-3,00(-3,00 - 3,00)	-7,00(-8,00- 7,00)	4,83(4,67-5,00)	0,000

Tabla 1. Mediana y RIC de las variables L, Ca y Cb antes y después de la inmersión (n=8 por grupo). (p > 0,05)

Posteriormente, se realizó un análisis intergrupar con la prueba de Mann-Whitney U para identificar las diferencias significativas específicas entre los grupos:

- Solución salina vs café: diferencias significativas en L (p = 0,000) y Cb (p = 0,000); no significativa en Ca (p = 0,821).
- Solución salina vs vino: diferencias significativas en L (p = 0,000), Ca (p = 0,001) y Cb (p = 0,000).
- Solución salina vs té: diferencias en Ca (p = 0,494) y Cb (p = 0,027); L no fue significativa (p = 1,000).
- Café vs vino: diferencias significativas en todas las variables (p = 0,000).
- Café vs té: diferencias en L (p = 0,000) y Cb (p = 0,000); Ca no significativo (p = 0,824).
- Vino vs té: diferencias significativas en L (p = 0,000), Ca (p = 0,000) y Cb (p = 0,001).

Estos resultados sugieren una mayor susceptibilidad a cambios de color en la dimensión del croma b, indicando alteraciones importantes en la tonalidad amarilla-azul de la resina.

	Solución salina Vs Café	Solución salina VS Vino	Solución salina Vs te	Café Vs Vino	Café Vs te	Vino Vs te
Luminosidad después de 12 días de inmersión	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
Croma a después de 12 días inmersión	0,821	0,001	0,494	0,000	0,824	0,000
Croma b después de 12 días de inmersión	0,000	0,000	0,027	0,000	0,000	0,001

Tabla 2. Análisis intergrupar del valor p para las variables L, Ca y Cb después de la inmersión.

El análisis de ΔE (Delta E) se basó en el cálculo vectorial a partir de las diferencias en luminosidad (ΔL), croma a (ΔCa) y croma b (ΔCb). Como se muestra en la Tabla 3, se identificaron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables ($p < 0,05$), excepto en ΔCa ($p = 0,106$).

	Solución Salina Mediana (RIC)	Café Mediana (RIC)	Vino Mediana (RIC)	Te Mediana (RIC)	P valor
Delta L	9,50(8,70-10,00)	8,30(7,70- 9,00)	6,00(5,00-7,00)	9,29 (8,70-10,00)	0,000

Delta Ca	-6,35(-7,15- -5,65)	-6,50(-7,00- -6,00)	-5,65(-6,00- -5,15)	-6,48(-6,70- -6,15)	0,106
Delta Cb	-52,70(-52,70- -51,50)	-60,70(-60,85- -59,65)	-64,70(-66,35- -64,00)	-52,46(-53,15- -51,65)	0,000
Delta E	53,70(52,85-53,90)	61,45(60,70-61,90)	65,15(64,45- 66,85)	53,69(53,00-54,35)	0,000

Tabla 3. Mediana y RIC de los valores de ΔL , ΔCa , ΔCb y ΔE después de la inmersión. ($p > 0,05$)

El análisis intergrupar del Delta E reveló:

- Solución salina vs café: diferencias significativas en ΔL ($p = 0,023$), ΔCb ($p = 0,001$) y ΔE ($p = 0,001$); ΔCa no significativa ($p = 0,750$).
- Solución salina vs vino: diferencias en ΔL ($p = 0,001$), ΔCb ($p = 0,001$) y ΔE ($p = 0,001$); ΔCa no significativa ($p = 0,095$).
- Solución salina vs té: diferencias en ΔCb ($p = 0,448$) y ΔE ($p = 0,400$); sin diferencias significativas en ΔL ($p = 0,787$) ni en ΔCa ($p = 0,957$).
- Café vs vino: diferencias significativas en todas las variables (ΔL , ΔCa , ΔCb , ΔE ; $p < 0,05$).
- Café vs té: diferencias en ΔL ($p = 0,026$), ΔCb ($p = 0,001$) y ΔE ($p = 0,001$); ΔCa no significativa ($p = 0,830$).
- Vino vs té: diferencias significativas en ΔL ($p = 0,001$), ΔCa ($p = 0,033$) y ΔCb ($p = 0,001$); ΔE ($p = 0,001$).

	Solución salina Vs Café	Solución salina VS Vino	Solución salina Vs te	Café Vs Vino	Café Vs te	Vino Vs te
Delta L después de 12 días de inmersión	0,023	0,001	0,787	0,001	0,026	0,001
Delta Ca después de 12 días inmersión	0,750	0,095	0,957	0,032	0,830	0,033
Delta Cb después de 12 días de inmersión	0,001	0,001	0,448	0,001	0,001	0,001
Delta E después de 12 días de inmersión	0,001	0,001	0,400	0,001	0,001	0,001

Tabla 4. Análisis intergrupar del valor p para los parámetros ΔL , ΔCa , ΔCb y ΔE .

En conjunto, estos hallazgos demuestran que la exposición a soluciones pigmentantes afecta de manera significativa la estabilidad cromática de la resina Zafira Light Curing Composite®, siendo el vino tinto el agente con mayor impacto, seguido por el café y el té.

Discusión

Los resultados del presente estudio demostraron que la resina compuesta Zafira Light Curing Composite® experimentó cambios estadísticamente significativos en sus propiedades cromáticas tras la inmersión en diferentes soluciones pigmentantes durante 12 días. Particularmente, el vino tinto generó las mayores alteraciones, seguido del café y el té, mientras que la solución salina no produjo cambios

relevantes. Estos hallazgos concuerdan con estudios previos que reportan que las bebidas con alto contenido en taninos, polifenoles y cromógenos, como el vino tinto y el café, inducen alteraciones marcadas en la estabilidad del color de las resinas compuestas (7–13).

En términos de la escala CIELAB, se observaron diferencias significativas en los componentes L (luminosidad), a (croma rojo-verde) y b (croma amarillo-azul) después de la exposición. El parámetro más afectado fue el croma b (Cb), evidenciando un desplazamiento hacia tonos azulados, especialmente tras la inmersión en vino tinto. Esta alteración es consistente con lo reportado por Poggio et al. (14), quienes concluyeron que las resinas fotopolimerizables son particularmente vulnerables a la penetración de pigmentos hidrosolubles, afectando principalmente la tonalidad amarilla.

El análisis del ΔE confirmó que todos los grupos sometidos a bebidas pigmentantes superaron el umbral clínicamente perceptible de 3,3 unidades (15), siendo el grupo de vino tinto el que mostró los valores más elevados (>65), seguido por café (~61) y té (~53). Estas cifras reflejan un impacto clínico significativo, lo cual ha sido corroborado por autores como Domingos et al. (16) y Schroeder et al. (17), quienes atribuyen la alta capacidad de tinción del vino tinto a su contenido en antocianinas, baja viscosidad y acidez. Además, el alcohol presente en su composición puede incrementar la porosidad superficial de la resina, facilitando la absorción de pigmentos (18).

Cabe resaltar que el grupo control (solución salina) presentó ligeros cambios de color, con un incremento en la luminosidad. Esto podría atribuirse a un efecto de aclaramiento por hidratación superficial, como lo han descrito Bagheri et al. (18). Aunque no contiene agentes colorantes, estudios previos han documentado alteraciones similares por absorción de agua en la matriz orgánica (8–15), generando degradación progresiva que puede influir en la percepción cromática.

En este sentido, diversos autores han establecido que la estabilidad cromática de los materiales restauradores no solo depende del agente pigmentante, sino también de factores intrínsecos del material, como el tipo de monómero, el tamaño y distribución de las partículas de carga, y el grado de conversión de la resina (19–20). La resina Zafira, formulada con una matriz de monómeros de metacrilato y rellenos inorgánicos de tamaño nanométrico (7), aún no ha sido ampliamente evaluada en estudios de estabilidad cromática, por lo que estos hallazgos representan un aporte relevante para la literatura científica.

Asimismo, la naturaleza dinámica del entorno bucal con variaciones en pH, temperatura, fuerzas mecánicas y presencia de biofilm no pudo ser completamente replicada en el presente modelo in vitro. No obstante, se utilizaron técnicas de envejecimiento acelerado, como la inmersión continua durante 288 horas con renovación de soluciones cada 48 horas, a 37 °C en incubadora shaker, lo cual, según estudios previos, equivale aproximadamente a un año de exposición clínica (22). Esta metodología ha demostrado ser efectiva para simular el impacto de los hábitos dietéticos en la durabilidad de las restauraciones (23).

El café, pese a su menor efecto que el vino tinto, indujo cambios cromáticos notables. Su acidez, combinada con la presencia de pigmentos como el ácido gálico y la cafeína, favorece la penetración en la matriz de la resina, generando decoloración progresiva (24). En contraste, el té produjo los menores cambios entre las bebidas pigmentantes, lo cual puede explicarse por la menor concentración de pigmentos amarillos y su pH menos agresivo. Resultados similares fueron reportados por Aydın et al. (25), quienes observaron que el té, a pesar de su acidez, tiene un menor efecto de tinción debido a su composición fenólica.

Comparativamente, otros estudios han evidenciado que resinas con monómeros de alto peso molecular, como el Bis-EMA presente en materiales como Filtek Z350 XT, muestran menor absorción de agua y mejor resistencia al cambio de color frente a resinas con matrices más hidrofílicas como las que contienen UDMA o TEGDMA (26). Aunque la resina Zafira combina distintos monómeros, su comportamiento frente a pigmentación parece alinearse con las características de los nano-híbridos modernos, los cuales, si bien ofrecen excelentes propiedades estéticas y mecánicas, pueden ser vulnerables a la acción de pigmentos cromógenos en condiciones prolongadas de exposición.

Desde un punto de vista clínico, estos hallazgos subrayan la necesidad de seleccionar materiales restauradores con alta estabilidad cromática en pacientes con consumo frecuente de bebidas pigmentantes. Además, resaltan la importancia de implementar técnicas de acabado y pulido adecuadas para minimizar la rugosidad superficial, reducir la adhesión de pigmentos y prolongar la estética de las restauraciones.

Aunque el estudio se diseñó bajo condiciones controladas de laboratorio, una de sus limitaciones es que no replicó de manera exacta el entorno oral, donde factores como el pH, la temperatura, la abrasión mecánica y el biofilm bucal pueden modificar la interacción de los pigmentos con el material restaurador. Futuras investigaciones deberían considerar modelos in situ o in vivo para complementar estos hallazgos.

Finalmente, futuras investigaciones deberían orientarse hacia estudios in situ o in vivo que evalúen el comportamiento de estos materiales en condiciones reales de la cavidad oral, considerando factores como la acción enzimática, la masticación, y la interacción con el biofilm oral, los cuales podrían modificar los resultados observados en este modelo in vitro.

En conclusión, la estabilidad del color de la resina compuesta Zafira Light Curing Composite® se ve significativamente afectada por la exposición continua a bebidas pigmentantes, siendo el vino tinto la sustancia con mayor poder de tinción. Este hallazgo refuerza la importancia de considerar los hábitos dietéticos del paciente en la elección y mantenimiento de restauraciones estéticas.

Conclusiones

El presente estudio in vitro evaluó la estabilidad del color de la resina nanohíbrida Zafira Light Curing Composite® tras su inmersión en diferentes soluciones pigmentadas (café, té, vino tinto) y una solución control (solución salina) durante un período de 12 días, utilizando las coordenadas CIELAB (L^* , a^* , b^*) y la variación total de color mediante ΔE .

Los resultados obtenidos evidenciaron que, si bien inicialmente no se presentaron diferencias significativas entre los grupos ($p > 0,05$), tras la exposición a las soluciones pigmentantes se observaron alteraciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en al menos uno de los grupos evaluados, lo que confirma la influencia de estos agentes sobre la estabilidad cromática del material.

El vino tinto fue la sustancia que generó los mayores cambios en los parámetros de color, seguido del café y el té, mientras que la solución salina mostró el menor efecto sobre la resina. Las pruebas estadísticas de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney

demonstraron diferencias significativas en los valores de luminosidad (L^*), croma a^* y croma b^* , reafirmando la susceptibilidad del material a la pigmentación por exposición a bebidas de consumo frecuente.

El análisis del ΔE mostró alteraciones perceptibles para el ojo humano en las muestras expuestas al vino tinto y al café, siendo el croma b^* el parámetro más afectado, lo cual indica una tendencia hacia cambios en la tonalidad amarillo-azulada de la resina.

Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar la estabilidad del color como un criterio fundamental en la selección clínica de materiales restauradores, especialmente en zonas de alta demanda estética. Asimismo, refuerzan la necesidad de establecer protocolos clínicos adecuados de acabado y pulido, así como de educar al paciente sobre los factores extrínsecos que pueden comprometer la longevidad estética de las restauraciones.

Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda tener en cuenta la susceptibilidad de las resinas compuestas a la pigmentación inducida por bebidas oscuras, como vino tinto, café y té. Estas alteraciones cromáticas pueden comprometer la longevidad estética de las restauraciones, por lo que resulta fundamental considerar tanto la selección del material restaurador como el sistema de pulido utilizado. Diversos estudios han evidenciado que el protocolo de acabado y pulido influye directamente en la rugosidad superficial y, por tanto, en la capacidad de adsorción de pigmentos.

Asimismo, es recomendable realizar una evaluación individualizada de los hábitos dietéticos de los pacientes, especialmente en relación con el consumo frecuente de bebidas con alto potencial pigmentante. La educación al paciente sobre los efectos adversos de estas sustancias en la estética de las restauraciones puede contribuir a una mejor toma de decisiones clínicas y a un mantenimiento adecuado de los tratamientos realizados.

Se alienta a los docentes y estudiantes del centro de investigación del Colegio Odontológico a continuar con esta línea investigativa, ampliando la muestra e incluyendo la evaluación de diferentes sistemas de pulido y tipos de resinas compuestas. El análisis comparativo permitirá establecer relaciones más sólidas entre la composición química del material, su comportamiento óptico y su estabilidad cromática.

Agradecimientos

Agradecemos al Laboratorio de Microbiología de la Universidad del Valle por facilitar los espacios y recursos necesarios para la realización de este estudio. De igual manera, expresamos nuestro sincero agradecimiento a la doctora Juliana Zuluaga por su valiosa tutoría, acompañamiento y orientación académica durante el desarrollo de la investigación.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés relacionados con la publicación de este artículo. Este estudio se realizó de manera independiente y no fue patrocinado ni financiado por ninguna entidad comercial, incluyendo al fabricante de Zafira Light Curing Composite®.

Bibliografía

1. Lamas-Lara C, Alvarado-Menacho S, Angulo De La Vega G. Importancia del acabado y pulido en restauraciones directas de resina compuesta en piezas dentarias anteriores. Reporte de Caso [Internet]. Rev Estomatol Herediana. 2015 [cited 2023 Oct 1]
2. Kowalska A, Sokolowski J, Bociong K. The Photoinitiators Used in Resin Based Dental Composite—A Review and Future Perspectives. Polymers. 2021 Feb 2;13(3):470.

3. Cho, Kiho; Rajan, Ginu; Farrar, Paul; Prentice, Leon; Prusty, B. Gangadhara (2021). Dental resin composites: A review on materials to product realizations. Cardiff Metropolitan University. Journal contribution.
4. Kaminedi RR, Penumatsa NV, Priya T, Baroudi K. The influence of finishing/polishing time and cooling system on surface roughness and microhardness of two different types of composite resin restorations. J Int Soc Prev Community Dent. 2014 Dec;4(Suppl 2):S99-S104. doi: 10.4103/2231-0762.146211. PMID: 25558457; PMCID: PMC4278109.
5. Villalta P, Lu H, Okte Z, Garcia-Godoy F, Powers JM. Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. J Prosthet Dent. 2006;95(2):137–42.
6. Kowalska A, Sokolowski J, Bociong K. The Photoinitiators Used in Resin Based Dental Composite-A Review and Future Perspectives. Polymers (Basel). 2021 Feb 2;13(3):470. doi: 10.3390/polym13030470. PMID: 33540697; PMCID: PMC7867280.
7. Zafira Light Curing Composite - New Stetic S.A. [Internet]. New Stetic S.A. 2024
8. Ghasemi A, Mohammadzadeh A, Molaei M, Sheikh-Al-Eslamian SM, Karimi M. Effect of Wet and Dry Finishing and Polishing Technique on Microhardness and Flexural Strength of Nanocomposite Resins. International Journal of Dentistry
9. Alhabdan AA. Color stability of tooth-colored resin restorations. A narrative eviuew. international journal of medical dentistry [Internet]. 2022 Dec [cited 2023 Oct 1]
10. Alhabdan AA. Color stability of tooth-colored resin restorations. A narrative eviuew. international journal of medical dentistry [Internet]. 2022 Dec [cited 2023 Oct 1].
11. Baroudi K, Kaminedi R, Penumatsa N, Priya T. The influence of finishing/polishing time and cooling system on surface roughness and

microhardness of two different types of composite resin restorations. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*. 2014;4(5):99.

12. Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Pulgar R. Color differences in ceramic materials with different translucency. *Dent Mater*. 2010;26(8):682–9.

13. Ertaş E, Güler AU, Yücel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J*. 2006;25(2):371–6.

14. Poggio C, Beltrami R, Scribante A, Colombo M, Chiesa M. Color stability of esthetic restorative materials: a spectrophotometric analysis. *Eur J Dent*. 2012;6(1):63–8.

15. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res*. 1989;68(5):819–22.

16. Yazici AR, Celik C, Dayangac B, Ozgunaltay G. The effect of curing units and staining solutions on the color stability of resin composites. *Oper Dent*. 2007;32(6):616–21.

17. Tuncer D, Karaman E, Firat E. Does the temperature of beverages affect the surface roughness, hardness, and color stability of a composite resin? *Eur J Dent*. 2013;7(2):165–71.

18. Bagheri R, Burrow MF, Tyas MJ. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *J Dent*. 2005;33(5):389–98.

19. Igjel C, Lehmann KM, Ghinea R, Weyhrauch M, Hangx Y, Scheller H, et al. Reliability of visual and instrumental color matching. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*

20. Azhar G, Haas K, Wood DJ, van Noort R, Moharamzadeh K. The effects of colored pigments on the translucency of experimental dental resin composites. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*

20. Odaira C, Itoh S, Ishibashi K. Clinical evaluation of a dental color analysis system: The Crystaleye Spectrophotometer. *J Prosthodont Res*

Anexos – Fotografías/Gráficos/Esquemas

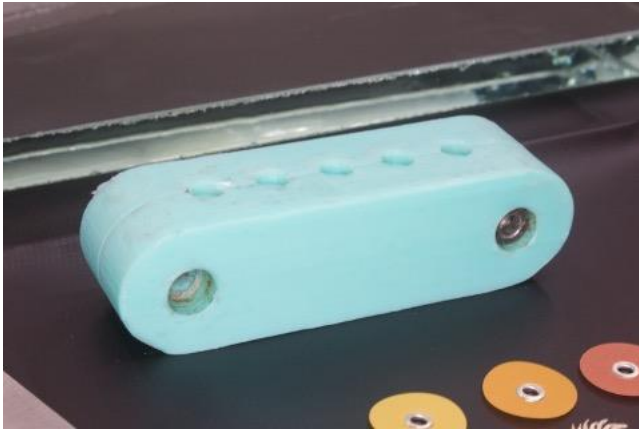


Imagen 1: Implementación de matriz circular impresa.

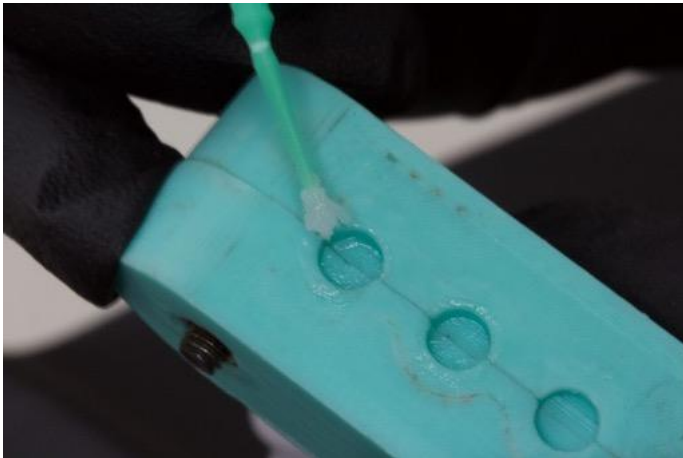


Imagen 2: Aplicación de base aislante en la matriz impresa.

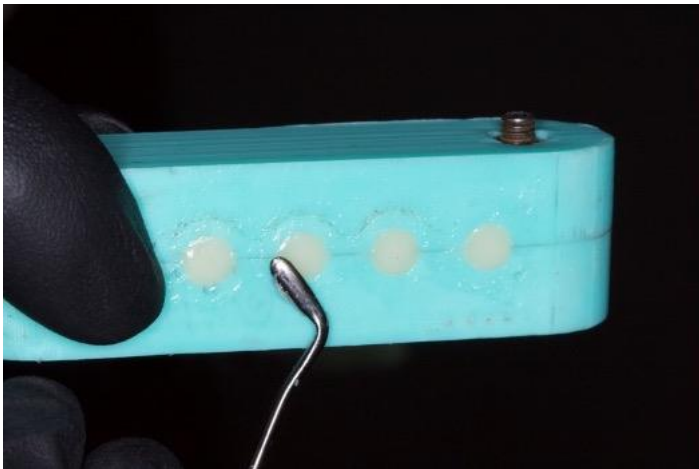


Imagen 3: Aplicación y condensación de la resina compuesta.

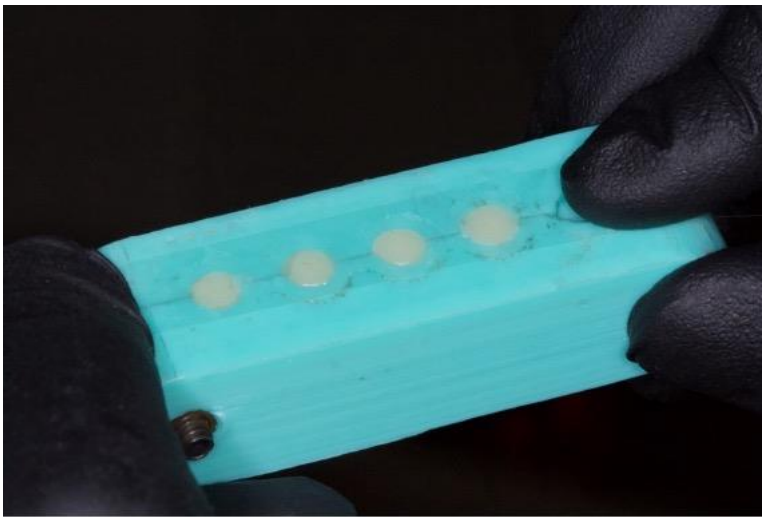


Imagen 4: Compactación de la resina mediante una tira de celuloide y loseta.

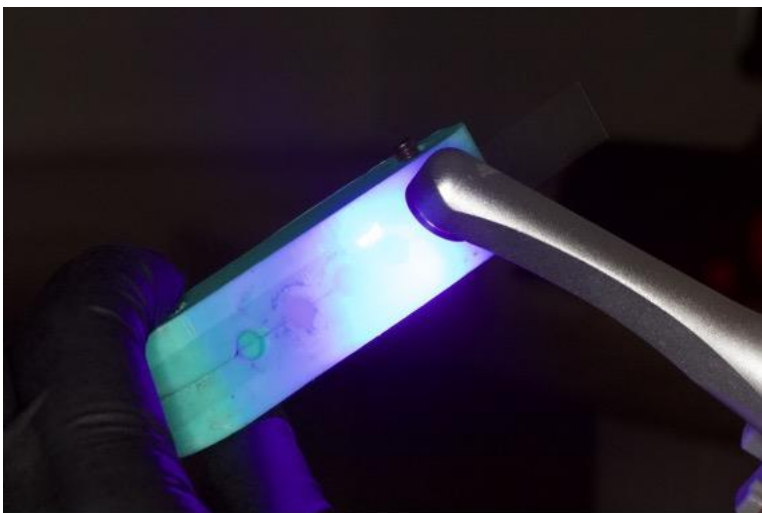


Imagen 5: Polimerización de la resina compuesta.



Imagen 6: Calibración del grosor posterior a la fotopolimerización.

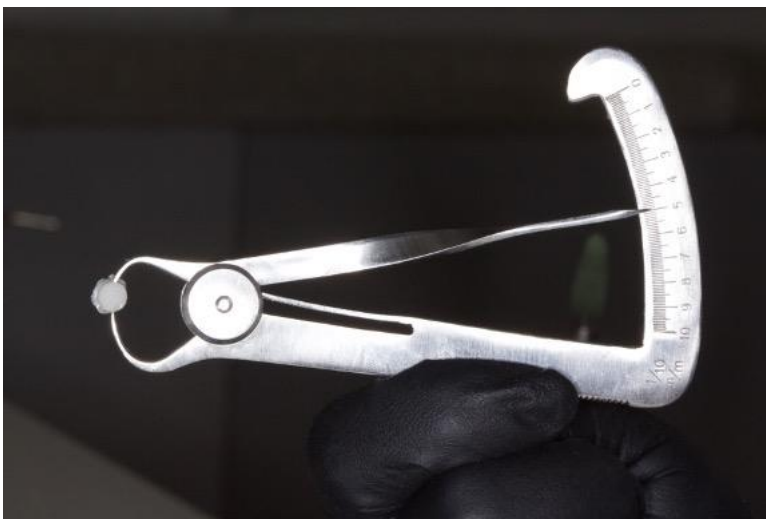


Imagen 7: Calibración del diámetro posterior a la fotopolimerización.



Imagen 8-9-10: Pulido en húmedo implementando discos 3M™ Sof-Lex™ XT, Essential Kit

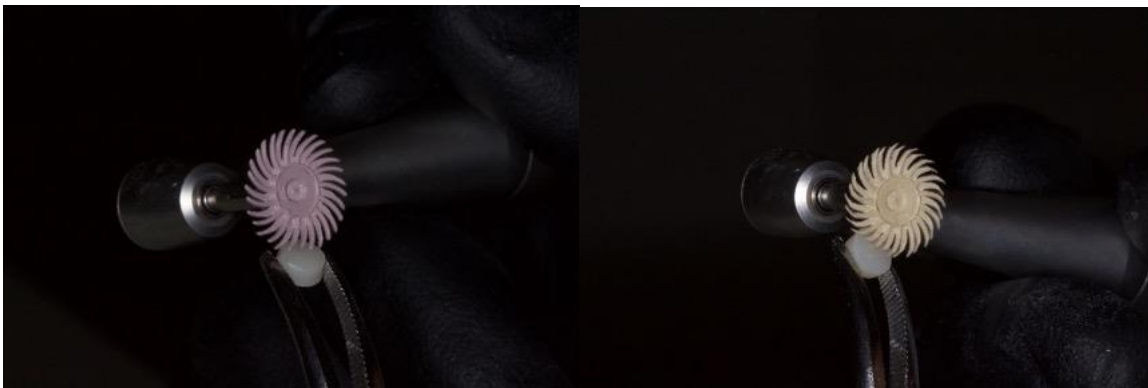




Imagen 11 - 13: Pulido en húmedo implementando espiral de Diamante para Pulido 3M™ Sof-Lex™



Imagen 14: almacenamiento de las muestras en frascos de vidrio ambar



Imagen 15: primera toma de color con espectrofotómetro



Imagen 16-17-18-19: embace de las sustancias en los frascos de almacenamiento



Imagen 20-21 : incubadora shaker

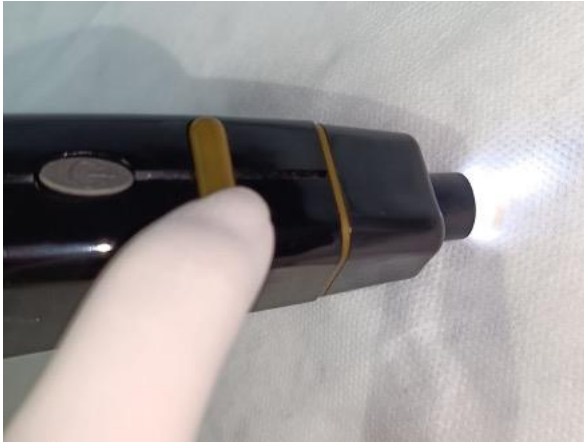


Imagen 22 : segunda prueba de color.

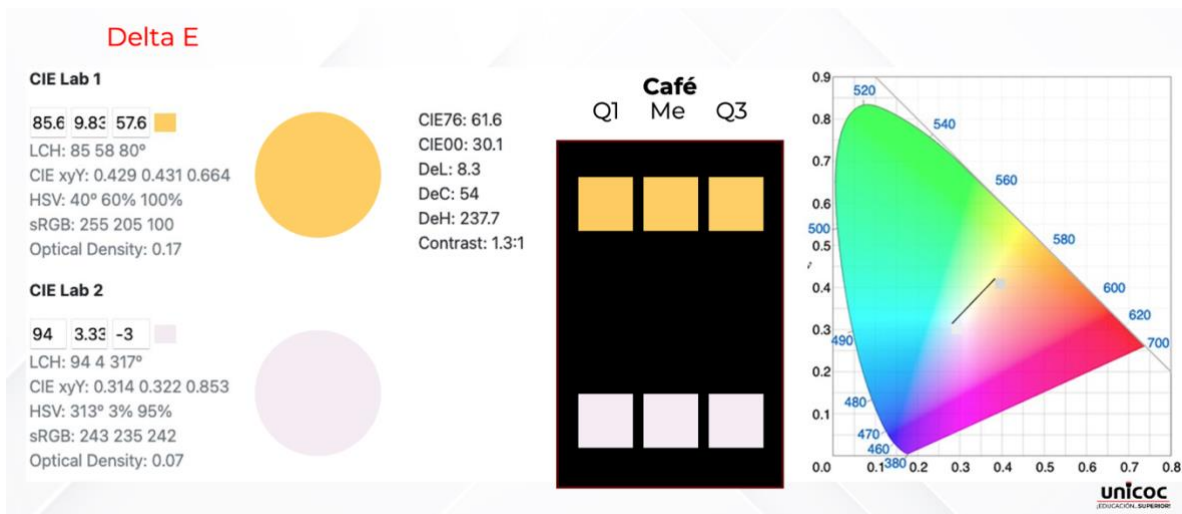


Imagen 23: gráfica de contraste del Delta E del cafe

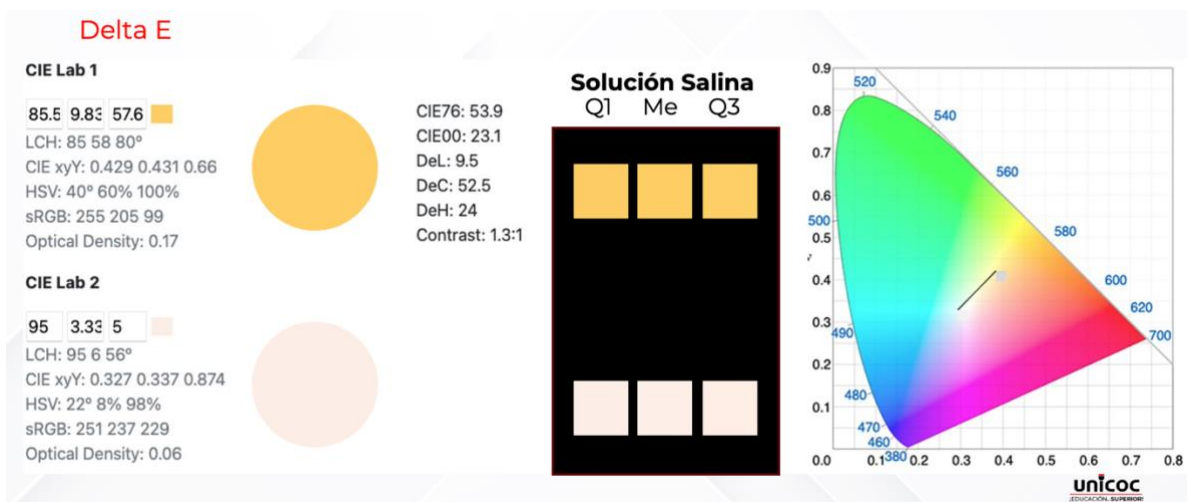


Imagen 24: gráfica de contraste del Delta E de la solución salina



Imagen 25: gráfica de contraste del Delta E del vino tinto.

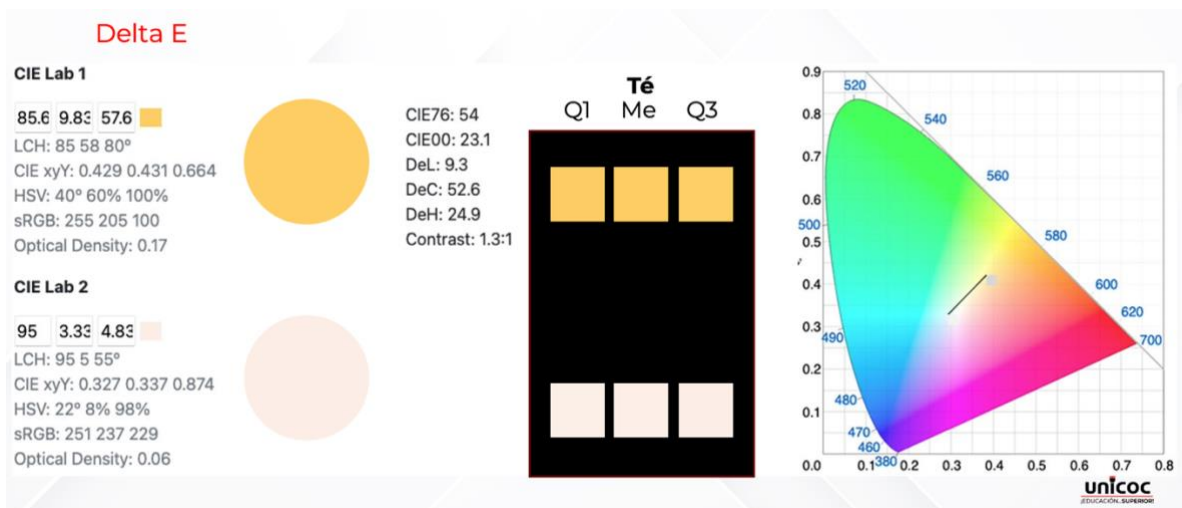


Imagen 26: gráfica de contraste del Delta E del té.

