

Influencia del termociclado sobre la estabilidad del color de dos resinas compuestas

Influence of thermocycling on the color stability of two composite resins

Recibido: 6 de octubre de 2023
Aceptado: 13 de febrero de 2024
Publicado: 30 de abril de 2024

Verónica Lucía Ventretera,^a  María Eugenia Alejandra Barrionuevo^b 

^a Cátedra de Clínica de Operatoria Dental I, Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina

^b Cátedra de Preclínica de Operatoria Dental, Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina

Resumen

Objetivo: Cuando las resinas compuestas son expuestas a procesos de envejecimiento naturales en boca, como es el ciclaje térmico, pueden sufrir un deterioro en sus propiedades ópticas. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia del envejecimiento térmico sobre la estabilidad del color de dos resinas compuestas.

Materiales y métodos: Se confeccionaron 120 pastillas de resinas compuestas, divididas en dos grupos: uno de resina Spectra Smart (n=60) y otro de resina Filtext Z350 XT (n=60). Estas muestras fueron sometidas a distintos regímenes de ciclaje térmico de 0, 10.000, 20.000 y 30.000 ciclos con temperaturas de entre 5 °C +/- 2 °C y 55 °C +/- 2 °C. Los parámetros de color CIE L*a*b* de cada muestra se midieron con un espectrofotómetro antes y después del proceso de envejecimiento. Las diferencias de color se calcularon me-

dante la fórmula CIELAB (ΔE). Los datos fueron analizados estadísticamente usando la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y de U-Mann Whitney.

Resultados: Los distintos regímenes de termociclado produjeron cambios de color estadísticamente significativos en ambos materiales. El material que tuvo menor estabilidad cromática fue Spectra Smart aunque sin diferencias estadísticamente significativas.

Conclusión: El envejecimiento térmico simulado a tres años afecta la estabilidad de color de las muestras, tanto de las resinas Spectra Smart, como de Filtext Z350 XT, sin alcanzar los valores que clínicamente determinarían la necesidad del reemplazo de las restauraciones.

Palabras clave: Color, envejecimiento térmico, estabilidad cromática, resinas compuestas, termociclado.

Abstract

Aim: When composite resins are exposed to natural aging processes in the mouth, such as the thermal cycling, they may suffer a deterioration in their optical properties. The aim of this study was to evaluate the influence of thermal aging on the color stability of two composite resins.

Materials and methods: 120 composite resins tablets were made, divided into two groups: one of Spectra Smart resin (n=60) and another of Filtext Z350 XT resin (n=60). These were subjected to different thermal cycle regimes of 0, 10,000, 20,000 and 30,000 cycles with temperature between 5 °C +/- 2 °C and 60 °C +/- 2 °C. The CIE L*a*b* color parameters of each sample were measured with a spectrophotometer before and after the aging process. Color differences were calculated

using the CIELAB formula (ΔE). The data were statistically analyzed using the non-parametric Kruskal Wallis and U-Mann Whitney tests.

Results: The different thermocycling regimes produce statistically significant color changes in both materials. The material that had the least chromatic stability was Spectra Smart, although without statistically significant differences.

Conclusion: Simulated 3 year thermal aging affects the color stability of the samples, both Spectra Smart resins and Filtext Z350 XT, without reaching the values that would clinically determine the need to replace the restorations.

Keywords: Chromatic stability, color, composite resins, thermal aging, thermocycling.



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Introducción

Las exigencias del hombre moderno hacen que el color de las resinas compuestas sea una propiedad relevante, lo que obliga al profesional a tener un buen manejo de los colores que presentan estas como material de restauración. Lo mismo sucede con la estabilidad incierta a lo largo del tiempo que presentan algunas de las resinas compuestas.¹ La tinción o la decoloración de las restauraciones son una de las principales razones de reemplazo,² la decoloración se produce por procesos de envejecimiento en el entorno bucal³ debido a cambios mecánicos, químicos y térmicos como el que se da por el contraste entre distintas temperaturas de los alimentos y bebidas.⁴

Una resina compuesta puede definirse como un material trifásico, formado por una sustancia inorgánica, una orgánica y un agente de enlace.⁵ Las propiedades de cada fase se complementan entre sí para formar un material mejorado.⁶ El color es una propiedad muy valorada de las resinas compuestas y depende de numerosos factores.⁷ Es una variable compleja de analizar, porque es por un lado una característica de las ondas electromagnéticas que refleja el objeto, pero también está atravesada por la percepción del observador.⁸ Al ser una radiación electromagnética captada por el ojo humano e interpretada por el sistema nervioso para configurarse en un color, tiene un alto porcentaje de subjetividad. Esto hace necesario que las mediciones de color alcancen un grado de objetividad que permita la repetición del mismo para desarrollar resinas compuestas de un color determinado, por ejemplo, o valorar el grado de deterioro que sufre a lo largo del tiempo. El sistema CIE $L^*a^*b^*$ es el método que se usa para representar el color. La *Commission internationale de l'éclairage* (Comisión Internacional de Iluminación, usualmente conocida como CIE) es aceptada como la principal autoridad internacional en el campo de la luz y la iluminación. Esta creó un sistema de representación donde localiza el color de un objeto en un espacio tridimensional.⁹ Este sistema mide cada color con tres parámetros: la luminosidad, que se ubica en el eje L^* , que es la medida de luz de un color cuantificado en una escala de 0 a 100, siendo el valor 0 equivalente al negro y el 100 el equivalente al blanco. Cuanto mayor es el valor de L^* , más luminoso es el color. A los otros ejes de este sistema se los denomina a^* y b^* y representan la variación del matiz. El eje a^* es la medida del matiz rojizo-verdoso que puede tener un color determinado, cuando los valores son a^* positivos el color tendrá mayor componente rojizo y cuan-

do son a^* negativos tendrá matices verdosos. Mientras que el eje b^* es la variación amarillento-azulado. Cuando son b^* positivos tiene matices amarillentos y matices azulados cuando son b^* negativos. Ambos ejes, a^* y b^* , oscilan entre +120 a -120 respectivamente.³ La aplicación de este sistema logra eliminar el componente subjetivo de medición del color.

Cuando se necesita comparar un color inicial y otro final se aplica la fórmula de diferencial de color o delta E (ΔE) que define la diferencia, visual y/o medible, entre el color obtenido con respecto al color de referencia y se indica como la distancia entre las coordenadas del color obtenido y las coordenadas del color de referencia. La fórmula matemática es: $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$ y sirve para determinar las variaciones que ha sufrido un color en los distintos ejes (L , a y b).^{3,10} La interpretación de este valor difiere en los distintos autores y no hay estandarización de criterios para evaluar el cambio obtenido.¹¹ La Oficina Nacional de Estandarización (NBS por sus siglas en inglés, *National Bureau of Standards*), basándose en los criterios establecidos para color de la CIE¹², determinó una escala o criterio para estandarizar los cambios, que se reflejan en la Tabla 1.

Tabla 1. Criterios para la estandarización del cambio de color en restauraciones dentales del *National Bureau of Standards* (NBS)

ΔE	Criterios NBS
0-0,5	Trazas: alteración notablemente leve
0,5-1,5	Leve: ligera alteración
1,5-3	Notable: alteración observable
3-6	Apreciable: alteración aparente
6-12	Mucho: alteración notablemente aparente
12 o más	Muy alto: alteración a otro color

ΔE : Diferencia de colores

Por otro lado, la norma ISO 4049 para las resinas compuestas del año 2009 establece como aceptable una leve alteración de color, es decir que el cambio de color experimentado por un determinado material debería estar en un valor entre 0,5 y 1,5.

La evaluación visual es la forma más usada para juzgar el color y las diferencias entre dos elementos en odontología.¹³ Un instrumento de evaluación es el umbral de perceptibilidad y otro el de aceptabilidad (PT y AT por sus siglas en inglés respectivamente). Estos umbrales pueden servir como instrumentos de control de calidad para guiar la selección de materia-

les dentales, evaluar su desempeño clínico o determinar el reemplazo de una restauración. Consisten en someter pares de colores diferentes a la observación de individuos, quienes deben establecer si existen diferencias entre esos colores, delimitando un umbral mínimo de percepción en los casos en los que el 50% de los observadores son capaces de percibir un cambio en el color de las muestras, constituyéndose como criterio para determinar si esa diferencia de color es aceptable o no en una restauración dental.

Los fluidos bucales, ácidos, sustancias colorantes, cambios bruscos de temperatura, entre otros, son los factores que influyen sobre las restauraciones dentales con resinas compuestas. Este material, debido a su naturaleza trifásica, presenta diferentes coeficientes de expansión térmica en cada una de las fases constituyentes, lo que ocasiona tensiones internas altas entre la matriz de resina y las partículas de relleno durante el ciclaje térmico.¹⁴ Este comportamiento asociado a la presencia de agua y otros fluidos podrían ser los responsables de la degradación de la interface entre el relleno y la matriz orgánica.¹⁵

Las bebidas de consumo frecuente, como el agua y los refrescos helados, podrían acercarse a una temperatura de 0 °C, mientras que las bebidas calientes como el té y el café pueden superar los 60 °C. Existen grandes diferencias en los coeficientes de expansión térmica entre la resina y las partículas de relleno, estos coeficientes son de aproximadamente $8 \text{ a } 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ para rellenos de vidrio y cerámica, y de $76 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ para resina orgánica. Con el aumento de la temperatura, la partícula de relleno se expandiría menos que la matriz de resina. Con la disminución de la temperatura, la matriz de resina se encogería más que el relleno. Estas diferencias en los coeficientes someten a estrés a las sustancias encargadas de mantener unidas las partículas de relleno con la matriz orgánica, produciendo rupturas y alterando las propiedades ópticas del material.¹⁶ Esto se ha relacionado con la capacidad de absorción de agua del material, seguida de la degradación de la matriz polimérica, la difusión del agua en el material y la posterior formación de productos de degradación.¹⁷

El color de las resinas dentales es el resultado de la naturaleza trifásica de este material, ya que cualquier factor que altere esta unión podría alterar su estabilidad cromática.¹⁸ La durabilidad de las resinas compuestas es limitada en el entorno oral. Los mecanismos de degradación clínica no están acabadamente definidos y la interacción de los materiales restauradores con los líquidos y condiciones presentes en la cavidad oral podrían ser los que comandan el proce-

so de degradación.^{16,19} Los estudios hechos sobre el desempeño de las resinas a menudo tienen grandes dificultades para imitar las condiciones sumamente complejas que se desarrollan en la cavidad oral. Fluidos intraorales como la saliva, extraorales como los alimentos y bebidas, cargas oclusales, presencia de ácidos bacterianos y una extensa lista de factores accionan sobre la integridad del material. Los test *in vitro* continúan siendo un método indispensable para la investigación de los materiales odontológicos. El ciclaje térmico es uno de los más utilizados ya que puede simular el envejecimiento fisiológico de los biomateriales en la práctica clínica,²⁰ y es usado para evaluar el desempeño de los sistemas adhesivos y de las resinas.^{21,22} Si bien no hay un consenso sobre la cantidad de ciclos que pueden desarrollarse durante un año de uso en boca, a partir de los estudios de Gale *et al.*²² los investigadores han adoptado los valores publicados por el grupo, donde proponen que 10.000 ciclos equivalen a un año de simulación clínica.

Cuando la luz incide sobre un material resinoso, de una determinada composición, algunas ondas no son absorbidas, y es esa la radiación que puede ser captada por un observador o instrumento de medición de color e interpretada en un valor CIE $L^*a^*b^*$. Esa radiación emitida es específica para esa composición, si algún factor altera de alguna manera esa composición química también será afectada la absorción o reflejo de las ondas electromagnéticas, obteniéndose un color diferente.²³

Además, la permanencia a una temperatura de 60 °C podría provocar una mayor polimerización y aumentar el grado de conversión de las resinas.²⁴ Todos estos cambios alterarían la naturaleza química de las resinas compuestas, por lo tanto, cambiarían el índice de refracción de la luz incidente, dando como resultado cambios en el color de la restauración cuando ha estado expuesta a cambios frecuentes de temperatura.

Pocas investigaciones han analizado los efectos de los ciclos térmicos sobre la degradación del color. El objetivo de este trabajo fue evaluar el grado de influencia del ciclaje térmico sobre la estabilidad cromática de dos resinas compuestas.

Materiales y métodos

Para este estudio de investigación experimental se seleccionaron dos resinas compuestas, Filtex Z350 XT (3M ESPE, Minnesota, Estados Unidos) y Spectra Smart (Denstply, Sirona, San Pablo, Brasil). La resina Filtex Z350 está formada por bis-GMA, UDMA, TEGDMA y bis-EMA. El relleno utilizado es una combinación de sílice, zirconia y un clúster

de zirconia/sílice con tamaño de partículas de 4 a 20 nanómetros. La carga de relleno inorgánico es aproximadamente de 63,3% en volumen (78,5% en peso). El otro material estudiado fue la resina compuesta Spectra Smart, con una composición de sustancias orgánicas formadas por Bisfenol A, TEGDMA, con un relleno inorgánico de bariomalumínio borosilicato y bariomalumínio fluorborosilicato, con agregado de nanopartículas de dióxido de silicio con un tamaño de 0,02 a 3 micrómetros y un porcentaje de relleno en volumen del 58% (75-77% en peso).

Se confeccionaron 120 pastillas de resinas compuestas de 6 mm de diámetro por 2 mm de espesor sobre una matriz de silicona. Se realizaron dos tipos de muestras. El grupo I se formó con 60 muestras de Spectra Smart (A2) y el grupo II con 60 muestras de resina Filtext Z350 XT (A2 body). Todas fueron pulidas en la superficie con el siguiente protocolo: discos de granulación $\neq 600$, hasta alcanzar los 2 mm, luego discos de granulación $\neq 1.200$ durante 30 segundos, $\neq 2.400$ durante 60 segundos y finalmente $\neq 4.000$ por 120 segundos. Las muestras permanecieron sumergidas en agua destilada a temperatura ambiente por 24 horas. Posteriormente, ambos materiales fueron divididos aleatoriamente en 4 subgrupos a los que se les asignó el siguiente esquema de ciclaje térmico para simular uno, dos y tres años de uso clínico de las restauraciones en boca.

Subgrupo A (n=15) sin tratamiento de termociclaje (grupo control)

Subgrupo B (n=15) 10.000 ciclos frío/calor 5 °C +/- 2 °C 30 s. y 55 °C +/- 2 °C 30s.

Subgrupo C (n=15) 20.000 ciclos frío/calor 5 °C +/- 2°C 30 s. y 55°C +/- 2°C 30s.

Subgrupo D (n=15) 30.000 ciclos frío/calor 5° C +/- 2°C 30 s. y 55°C +/- 2°C 30s.

Se registraron los valores de color y la distribución espectral por el Sistema CIE L*a*b inicial a todas las muestras usando un espectrofotómetro CM 2.600d (Konica, Minolta, Osaka, Japón) (fig. 1) asociado al programa de software Spectramagic NX (Konica, Minolta). El iluminante padrón D65 fue regulado a modo de reflectancia (con o sin inclusión de ultravioleta). El ángulo del observador a 2° y la reflexión especular fue incluida (SCI). La lectura fue realizada utilizando un área de lectura de 3 mm. y de iluminación de 6 mm. (*small area view*). Antes de la lectura, el espectrofotómetro fue calibrado con fondo negro y blanco siguiendo las especificaciones



Figura 1. Espectrofotómetro CM2. 600d.

del fabricante. Los especímenes fueron secados cuidadosamente con papel absorbente y colocados en el espectrofotómetro. Una vez hecho el registro de color inicial se realizó el envejecimiento térmico de las muestras. Se utilizó una termocicladora marca Ethik Technology Brasil (fig. 2) que sumerge las muestras alternativamente en baños de agua a 55°C +/- 2 °C durante 30 segundos y de agua a 5°C +/- 2 °C durante 30 segundos.

Concluido el envejecimiento térmico se realizaron nuevamente las tomas de colores finales. Toda la producción de las muestras, su procesamiento y análisis fue hecho por un solo investigador.

Los valores obtenidos fueron analizados con la fórmula $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$, que permitió objetivar el cambio de color alcanzado por una muestra dada. Estos valores se analizaron con el software estadístico IBM SPSS v22. Se aplicó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis estableciendo un nivel de significación del 5%. Para completar el análisis estadístico se realizaron comparaciones de medias entre grupos con prueba U-Mann Whitney.



Figura 2. Termocicladora de Ethik Technology.

Resultados

Los valores CIE L*a*b de los colores iniciales pueden verse en la figura 3 para ambos materiales. Concluido el tratamiento térmico se tomaron los valores CIE L*a*b finales de las muestras que pueden verse en la figura 4. Se aplicó la fórmula $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$ para establecer si hubo variaciones de color. Los datos obtenidos de ΔE para ambos materiales pueden verse en la figura 5.

El análisis estadístico de los resultados mostró que hubo diferencias estadísticamente significativas entre el subgrupo control y todos los subgrupos envejecidos en ambos materiales ($p < 0,05$). A su vez, si

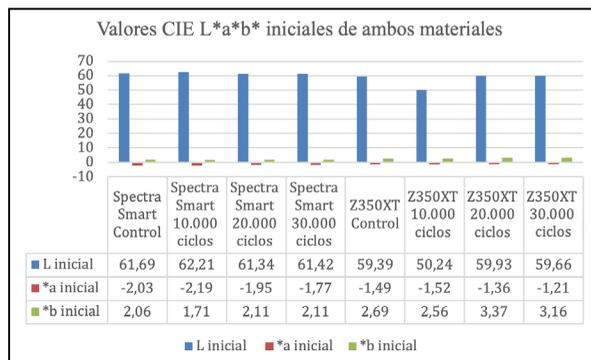


Figura 3. Representación de los valores de CIE L*a*b iniciales de ambos materiales.

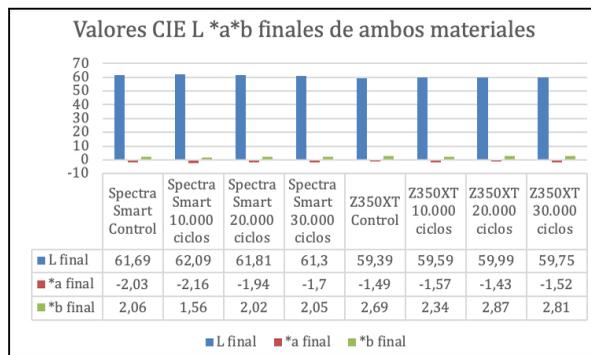


Figura 4. Representación de los valores CIE L*a*b finales de ambos materiales.

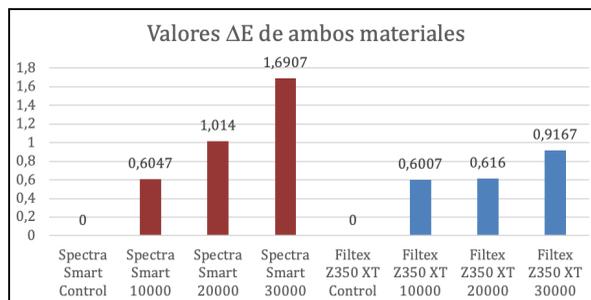


Figura 5. Valores ΔE de las resinas Spectra Smart y Filtext Z350XT y la diferencia de colores (ΔE) experimentadas por los distintos grupos con el método de termociclado.

se comparan los subgrupos envejecidos de a pares se puede observar que la diferencia entre ellos no fue estadísticamente significativa. Esta situación se presenta en ambos materiales.

Si bien los valores de ΔE en 20.000 y 30.000 ciclos para el material Spectra Smart fueron más altos, es decir, que tuvo menor estabilidad de color que los de Filtext Z350XT, no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) por lo que se acepta la hipótesis nula (tabla 2).

Tabla 2. Comparación de medias de ΔE para ambos materiales

Comparación entre pares de materiales con el mismo régimen de envejecimiento	Media ΔE	Prueba U de Mann-Whitney Valor p
Spectra Smart 10.000 ciclos	0,6047	0,305
Filtex Z350 XT 10.000 ciclos	0,6007	
Spectra Smart 20.000 ciclos	1,014	0,595
Filtex Z350 XT 20.000 ciclos	0,616	
Spectra Smart 30.000 ciclos	1,6907	0,967
Filtex Z350 XT 30.000 ciclos	0,9167	

ΔE: Variación de color

Discusión

Para evaluar la calidad de un material es necesario analizar múltiples propiedades en conjunto, a través de pruebas de laboratorios combinadas con pruebas clínicas para obtener mayor precisión sobre el material.

La simulación del envejecimiento realizado en este experimento es un efectivo recurso de laboratorio destinado a someter a los polímeros a procesos de degradación y envejecimiento. El éxito de la restauración no depende sólo de sus propiedades mecánicas sino también de sus propiedades físicas, estéticas y biológicas, ya que las simulaciones de laboratorio no son capaces de reproducir todas las tensiones y acciones a las que un determinado material es sometido dentro de la cavidad oral.

El termociclado es un método experimental muy utilizado para analizar el efecto del estrés térmico sobre las diferentes resinas compuestas. Se ha consensuado que el termociclado de 10.000 ciclos de entre 5 °C a 55 °C puede corresponder a un año de función clínica.²⁰ En el presente estudio se aplicaron 30.000 ciclos para envejecer las resinas simulando una función clínica de 3 años.

En el estudio de Sulaiman *et al.*²⁵ sobre color se adoptaron 20.000 ciclos para envejecer las muestras y también se obtuvieron cambios en los valores CIE L*a*b* de las mismas. Los autores postulan que el

agua de los baños del termociclador actuaría, al igual que los líquidos de los alimentos y bebidas, como un plastificante que se infiltra y se absorbe en las resinas compuestas, produciendo una alteración de la molécula del silano lo que rompería la interfase de este y las partículas de relleno. Los valores obtenidos de ΔE por estos autores fue de 1,8. Los resultados del presente trabajo no coinciden con estos valores, ya que el ΔE para 30.000 ciclos, 10.000 más que en el estudio de Sulaiman *et al.*,²⁵ el Spectra Smart mostró una ΔE de 1,6907. Esta diferencia podría abrir nuevas líneas de trabajo para futuras investigaciones sobre termoenvejecimiento.

Como bien postula Szczesio-Wlodarczyk,¹⁸ la degradación de las resinas se define como un cambio desfavorable en la estructura química, las propiedades físicas o la apariencia de un polímero. Este proceso es causado por mecanismos térmicos, mecánicos y químicos entre otros. La degradación puede cambiar las características ópticas como el color del material y causar erosión y separación de fases. En la mayoría de los casos, la vida útil del polímero se calcula mediante el uso de un procedimiento de envejecimiento acelerado con factores ambientales incrementados, por ejemplo, temperatura, pH o radiación. Este enfoque mide la tasa de degradación bajo condiciones controladas y luego estima el tiempo que el material alcanzaría el punto de falla. La tasa de degradación hidrolítica depende del método aplicado (difusividad del agua en la matriz polimérica, dimensiones del dispositivo, etc.). También depende de la naturaleza del polímero (composición química, distribución del peso molecular, entre otros). Todos estos factores son capaces de modificar la naturaleza de la resina y darán como resultado diferencias en la percepción del color por parte de los observadores o de las mediciones con el espectrofotómetro. Se ha demostrado que las diferencias de color de un ΔE mayor a 1 pueden ser perceptibles por el 50% de los observadores humanos¹³ y que la población en general puede distinguir diferencias de color no aceptables a partir de un ΔE mayor a 3,3.

Se pueden inferir a partir del presente trabajo que el envejecimiento por termociclado afectó el color de los materiales investigados, en coincidencia con los experimentos de Pala *et al.*²⁶ quienes concluyen que el termociclado afectó el color con un ΔE aceptable para 10.000 ciclos. Si bien en ese estudio²⁶ todas las resinas compuestas probadas exhibieron cambios de color perceptibles y aceptables aplicando de 10.000 ciclos, la variación fue mayor con un rango entre 1,28 y 2,75, mientras el presente trabajo fue de 0,60

para el Spectra Smart y Filtek Z350 XT. El NBS postula que valores de ΔE oscilantes entre 1 y 3 son perceptibles pero aceptables para las restauraciones estéticas, mientras que valores superiores a 3,3 son perceptibles e inaceptables, ya que la alteración en el color es clínicamente notable. Por lo que los resultados de esta investigación coinciden con los de Pala *et al.*²⁶ en que la ΔE es perceptible y aceptable. Los valores obtenidos en este estudio a 10.000 ciclos, y aún los de 30.000, dieron una alteración de color aceptable. Este resultado también coincidiría con la revisión de Khashayar *et al.*¹¹ quienes concluyeron que con un ΔE igual a 3,7 el 50% de los observadores percibían un cambio de color evidente, mientras que con un ΔE de 1 la percepción del color es muy leve y aceptable.

Al ser el color el resultado de una reflexión selectiva de algunas ondas electromagnéticas del espectro de la luz, cuando la naturaleza química de la superficie sobre la que incide la luz cambia, podría afectarse la absorción o la reflexión de la luz y esto determinará un cambio de color de la superficie. El trabajo de Ghavami-Lahiji²⁷ postula que el termociclado podría aumentar el grado de conversión de las resinas y este cambio químico sería el responsable del cambio de color de las resinas investigadas. En el presente trabajo se usó un mayor número de ciclos térmicos por lo que, si se tiene en cuenta lo estudiado por Ghavami-Lahiji, este podría ser un factor incidente del cambio de color alcanzado por las resinas compuestas de esta investigación.

Tuncer *et al.*^{28,29} evidenciaron cambios de color en sus resinas después de 10.000 ciclos, y el ΔE fue muy amplio (de 1,1 a 3,4). Esta diferencia podría deberse a los distintos componentes de las resinas en estudio, ya que evaluaron resinas de diferentes cargas inorgánicas e incluso diferente composición.

A pesar de que usaron una menor cantidad de ciclos, el presente trabajo tuvo resultados similares a los realizados por Yong-Keun *et al.*,³⁰ quienes compararon la estabilidad de color de resinas directas con 5.000 ciclos de envejecimiento térmico y tuvieron valores de ΔE de 0,6 a 0,9. Estos autores postulan a la absorción de agua como un determinante de cambio en la luminosidad del material restaurador, que se manifiesta en el índice de refracción que ocurriría en las resinas sometidas al termoenvejecimiento. Otra posible razón de la discrepancia de los valores de ΔE podría ser la diferente composición de la matriz y el contenido de relleno inorgánico, ya que ambas fases juegan un papel importante en la estabilidad del color de las resinas compuestas. Estas diferencias deben

tenerse en cuenta en la práctica clínica al reparar o restaurar el mismo diente o dientes vecinos con diferentes tipos de resinas compuestas.

Conclusiones

Con las limitaciones de este trabajo, es posible concluir que el envejecimiento térmico simulado a tres años de uso clínico afecta la estabilidad de color de las muestras, tanto de la resina Spectra Smart, como la de Filtext Z350 XT. Si bien los cambios de color fueron perceptibles, no alcanzaron los valores que clínicamente determinarían la necesidad del reemplazo de las restauraciones.

Contribución de roles de autoría

VLV y MEAB participaron en el proceso de investigación, en la recolección y análisis de los datos y en la revisión crítica del manuscrito. VLV contribuyó en la concepción de la idea, en el diseño del estudio y en la redacción del manuscrito. Ambas autoras aprobaron la versión final para publicar y son capaces de responder respecto de todos los aspectos del manuscrito.

Declaración de conflicto de intereses

Las autoras declaran no tener conflicto de intereses en relación con este artículo científico.

Fuentes de financiamiento

Este trabajo de investigación ha sido realizado por los aportes de SIIP Uncuyo (Secretaría de investigación, internacionales y posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza) y de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Cuyo, Cuyo, Mendoza.

Agradecimientos

A los Dres. Alessandra Buhler Borges, Carlos Rocha Gomes Torres, Alexandre Borges y a todo el cuerpo académico de la Universidad Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Sao Paulo, Brasil, por su desinteresada colaboración y solidaridad para llevar a cabo el trabajo de investigación en esa alta casa de estudios.

Identificadores ORCID

VLV  0000-0001-7201-133X
MEAB  0000-0001-9152-7630

Referencias

- Ren YF, Feng L, Serban D, Malmstrom HS. Effects of common deverage colorants on color stability of dental composites resins: The utility of a termocycling stain challenge model *in vitro*. *J Dent* 2012;40:48-56. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.04.017>
- Lanata E. “Mínima intervención: un cambio de paradigma”, en: *Mínima intervención. Un cambio de paradigma*, 1ª ed., Buenos Aires, El Ateneo, 2022, pp. 35-42.
- Özdaş DÖ, Kazak M, Çilingir A, Subaşı MG, Tiryaki M, Günal Ş. Color stability of composites after short-term oral simulation: An *in vitro* study. *Open Dent J* 2016;10:431-7. <https://doi.org/10.2174/1874210601610010431>
- Garcés-Vásquez G, Vidal Fernández J. Alteraciones en las propiedades de las resinas compuestas en el tiempo. Scoping review. Trabajo de titulación pre-grado. Repositorio Institucional Académico, Universidad Andrés Bello, 2020 [citado el 1 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/17896>
- Macchi ME. “Composites: tipos y su selección”, en: Barrancos Mooney P (ed.). *Operatoria Dental. Integración Clínica*, 4ª ed., Buenos Aires, Panamericana, 2006, pp. 771-6.
- Noort, R. “Structure of Polymers”, en: *Introduction to Dental Materials*, 4ª ed., Toronto, Mosby Elsevier, 2013, pp. 23-30.
- Mayekar S. “Using Color to Create Restorations”, en: Freedman G. *Contemporary Esthetic Dentistry*, 1ª ed., Sant Louis, Elsevier Mosby, 2012, pp. 161-7.
- Cristiani JJ, Devecchi JR. Color: consideraciones en odontología e instrumentos para el registro. *RODYB* 2016 [citado el 1 de octubre de 2023];2:10-15. Disponible en: <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/51089>
- Maravankin F. “El color en odontología restauradora”, en: Lanata E. *Atlas de Operatoria Dental*, 1ª ed., Buenos Aires, Alfaomega, 2008, pp. 97-142.
- Lopes RG, Oliveira-Reis B, Maluly-Proni AT, Silva MHT, Briso ALF, dos Santos PH. Influence of green tea extract in the color of composite resin restorations. *J Mech Behav Biomed Mater* 2019;100:103408. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.103408>
- Khashayar G, Bain PA, Salari S, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. *J Dent* 2014;42:637-44. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.11.017>
- Commission Internationale de L'Eclairage, ISO/CIE 11664-2 Colorimetry - Part 2: CIE standard illuminants, 2022 [citado el 1 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://cie.co.at/publications/colorimetry-part-2-cie-standard-illuminants-0>
- Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. *J Esthet Restor Dent* 2019;31:103-12. <https://doi.org/10.1111/jerd.12465>
- Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M. Influence of thermal cycling on flexural properties and simulated wear of computer-aided design/computer-aided manufacturing resin composites. *Oper Dent* 2017;42:101-10. <https://doi.org/10.2341/16-046-L>
- Hocking HKX, Eichmiller FC, Smith DT, Schumacher

- GT, Giuseppetti AA, Antonucci JM. Effect of thermal cycling on whisker-reinforced dental resin composites. *J Mater Sci Mat Med* 2002;13:875-83. <https://doi.org/10.1023/a:1016504530133>
16. Sulaiman TA, Suliman AA, Mohamed EA, Rodgers B, Altak A, Johnston WM. Optical properties of bisacryl-, composite-, ceramic- resin restorative materials: An aging simulation study. *J Esthet Restor Dent* 2021;33:913-8. <https://doi.org/10.1111/jerd.12653>
 17. Silva J, Engler MLPD, Baumgardt RBB, Jesús Suarez M, Guy Oliver JPS, Maziero Volpato CA. Color stability of a resin nanoceramic after surface treatments, adhesive cementation, and thermal aging. *J Prosthet Dent* 2022;127:498. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.12.003>
 18. Szczesio-Wlodarczyk A, Sokolowski J, Kleczewska J, Bociong K. Ageing of dental composites based on methacrylate resins. A critical review of the causes and method of assessment. *Polymers (Basel)* 2020;12:882. <https://doi.org/10.3390/polym12040882>
 19. Montes-G GM, Draughn RA. *In vitro* surface degradation of composites by water and thermal cycling. *Dent Mater* 1986;2:193-7. [https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(86\)80012-4](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(86)80012-4)
 20. Morresi AL, D'Amario M, Capogreco M, Gatto R, Marzo G, D'Arcangelo C, et al. Thermal cycling for restorative materials: Does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *J Mech Behav Biomed Mater* 2014;29:295-308. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2013.09.013>
 21. Nakata T, Fujita M, Nagano F, Noda M, Sano H. Effect of a new thermal cycling method on bond strength of two-step self-etching adhesive systems. *Dent Mater J* 2007;26:635-41. <https://doi.org/10.4012/dmj.26.635>
 22. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent* 1999;27:89-99. [https://doi.org/10.1016/s0300-5712\(98\)00037-2](https://doi.org/10.1016/s0300-5712(98)00037-2)
 23. Rodríguez-Dorgia E. "La luz, el color y su percepción", en Henostroza H G. *Estética en Odontología Restauradora*, 1ª ed., Madrid, Ripano, 2006, pp. 53-74.
 24. Weir MD, Moreau JL, Levine ED, Strassler HE, Chow LC, Xu HHK. Nanocomposite containing CaF2 nanoparticles: Thermal cycling, wear and long-term water-aging. *Dent Mater* 2012;28:642-52. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.02.007>
 25. Sulaiman TA, Rodgers B, Suliman AA, Johnston WM. Color and translucency stability of contemporary resin-based restorative materials. *J Esthet Restor Dent* 2021;33:899-905. <https://doi.org/10.1111/jerd.12640>
 26. Pala K, Tekçe N, Tuncer S, Serim ME, Demirci M. Evaluation of the surface hardness, roughness, gloss and color of composites after different finishing/polishing treatments and thermocycling using a multitechnique approach. *Dent Mater J* 2016;35:278-89. <https://doi.org/10.4012/dmj.2015-260>
 27. Ghavami-Lahiji M, Firouzmanesh M, Bagheri H, Jafarzadeh Kashi TS, Razazpour F, Behroozibakhsh M. The effect of thermocycling on the degree of conversion and mechanical properties of a microhybrid dental resin composite. *Restor Dent Endod* 2018;43:e26. <https://doi.org/10.5395/rde.2018.43.e26>
 28. Tuncer S, Demirci M, Tiryaki M, Ünlü N, Uysal Ö. The effect of a modeling resin and thermocycling on the surface hardness, roughness, and color of different resin composites. *J Esthet Restor Dent* 2013;25:404-19. <https://doi.org/10.1111/jerd.12063>
 29. Ruiz-Pineda JA, Gaona-Amador V, Torres-Rodríguez C. Parámetros para la evaluación visual e instrumental del color dental en estudios *in-vitro*. Revisión de la literatura. *Acta Odontol Colomb* 2022;12:61-77. <https://doi.org/10.15446/aoc.v12n2.101164>
 30. Lee YK, Yu B, Lim HN, Lim JI. Difference in the color stability of direct and indirect resin composites. *J Appl Oral Sci* 2011;19:154-60. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572011000200012>

Cómo citar este artículo

Ventretera VL, Barrionuevo MEA. Influencia del termociclado sobre la estabilidad del color de dos resinas compuestas. *Rev Asoc Odontol Argent* 2024;112:e1120412. <https://doi.org/10.52979/raoa.1120412.1239>

Contacto:

VERÓNICA LUCÍA VENTRETERA
vventretera@fodonto.uncu.edu.ar