

ESTABILIDAD DEL COLOR DE RESINAS COMPUESTAS DISEÑADAS PARA EL SECTOR ANTERIOR

luego de realizar maniobras
de pulido y envejecimiento UV

*Color stability of composite resins designed for the anterior sector
after polishing and UV ageing*

POR

RUTHMARY COROMOTO **PARRA SALAS**¹

ROBERT ANTONIO **RAMÍREZ MOLINA**²

¹ Postgrado en Rehabilitación Bucal.

² Cátedra de Operatoria Dental. Departamento de Restauradora, Facultad de Odontología, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

Autor de correspondencia: Ruthmary Coromoto Parra Salas.
Postgrado en Rehabilitación Bucal, Facultad de Odontología,
calle 24, entre avenidas 2 y 3. Mérida, Venezuela.
od.ruthparra@gmail.com

Resumen

Las resinas compuestas son de uso frecuente en Odontología Restauradora, especialmente cuando la estética adquiere importancia. Se realizó un estudio experimental, longitudinal y comparativo con el objetivo de establecer diferencias en la estabilidad del color de diferentes tipologías de resinas compuestas: nanorelleno, microhíbrida y nanohíbrida pulidas con dos sistemas de acabado y pulido: (gomas vs. discos), en tres diferentes momentos: pre-pulido, post-pulido y envejecimiento ultravioleta (UV). Se realizaron 8 probetas de tres resinas compuestas: Filtek Z350® (Z350), TetricNceram® (TNC) y BrilliantEnamel® (BE), aleatoriamente se subdividieron en dos grupos para someterlas a los siguientes sistemas de pulido (SP): Jiffy® (J) y Super Snap® (SS). Se determinó el color con escala CIEL*a*b* en tres momentos (M), Pre-pulido¹, Post-pulido² y Envejecidas Uva³. En el análisis estadístico se utilizó ANOVA de mediciones repetidas para las comparaciones múltiples, la prueba de HSD Tukey en los efectos inter-sujetos y Bonferroni para intra-sujetos, valor $p \leq 0,05$. Los resultados obtenidos mostraron HSD Tukey: M1: Z350 ΔE 70,2 (0,9) > TNC ΔE 66,6 (0,8) = BE ΔE 65,7 (0,9). M2: Z350 ΔE 70,8 (1,1) > TNC ΔE 66,6 (1) = y BE ΔE 66,4 (0,4). M3: Z350 ΔE 68,6 (0,7) = TNC ΔE 68,3 (2,4) > BE ΔE 64 (1,2). SP: $p \geq 0,05$ sin diferencias estadísticas significativas. Bonferroni: M2 ΔE 67,9 (2,2) > M1 ΔE 67,5 (2,2) = M3 ΔE 67 (2,7). Se concluyó que bajo las condiciones en que se realizó esta investigación la estabilidad del color de las resinas probadas es independiente del sistema de acabado y pulido. El envejecimiento acelerado ultravioleta (UV) produce cambios en el color y en la superficie de las muestras haciéndolas más rugosas y cromáticas. Sin embargo, la presencia de pre-polímeros en TNC parece mejorar la estabilidad.

PALABRAS CLAVE (DeCS): resinas compuestas, pulido dental, ensayo de materiales, color, colorimetría.

Abstract

Composites resins are most frequently used materials in Restorative Dentistry especially when the aesthetic effect becomes important. An experimental design study was carried out, with a longitudinal cut and a comparative type with the aim of establishing differences in color stability of different types of composite resins: nano-filler, micro-hybrid and nano-hybrid, polished with two finishing and polishing systems: (rubber vs. discs), at three different times: pre-polishing, post-polishing and ultraviolet (UV) aging. Eight specimens were made of three composite resins Filtek Z350® (Z350), TetricNceram® (TNC) and BrilliantEnamel® (BE). Randomly subdivided into two groups to be submitted to the following systems of polished (SP): Jiffy® (J) and Super Snap® (SS). Color was determined using the CIEL*a*b* scale at three stages, Pre-polishing¹, Post-polishing², and Uv Aging³. For statistical analysis was used a repeated measures ANOVA, for multiple comparisons of Tukey HSD test for inter-subjects effects and Bonferroni for significance, $p \leq 0.05$ value. The results showed HSD Tukey: M1: Z350 ΔE 70.2 (0.9) > TNC ΔE 66.6 (0.8) = BE ΔE 65.7 (0.9). M2: Z350 ΔE 70.8 (1.1) > = TNC ΔE 66.6 (1) and BE ΔE 66.4 (0.4). M3: 68.6 ΔE Z350 (0.7) = TNC ΔE 68.3 (2.4) > BE ΔE 64 (1.2). SP: $p \geq 0.05$ no significant statistical differences. Bonferroni: M2 ΔE 67.9 (2.2) > ΔE 67.5 (2.2) M1 = M3 ΔE 67 (2.7). It was concluded that under the conditions in which this research was carried out the color stability of the resins tested is independent of the finishing and polishing system. Accelerated ultraviolet (UV) aging produces changes in the color and surface of the samples making them rougher and more chromatic. However, the presence of pre-polymers in TNC appears to improve stability.

KEY WORDS (MeSH): composite resins, dental polishing, materials testing, color, colorimetry.

Introducción

Las personas que presentan lesiones visualmente desagradables en la parte anterior de la boca, ya sea por caries o traumatismo, muestran problemas asociados a la autoestima. Según Baratieri ¹ estas tienen una alta incidencia en niños y adolescentes, pues ellos y sobre todo los del sexo masculino sufren traumatismos que están íntimamente relacionados con la participación brusca en deportes y juegos, así como accidentes de tránsito.

La introducción de materiales restauradores compuestos en la década de 1960 marcó el comienzo de la odontología cosmética moderna al combinar los principios de estética y conservación dental ². En este sentido, las resinas compuestas se están convirtiendo en materiales restauradores estándar debido a su capacidad para reproducir fácilmente la apariencia de un diente. Además, la combinación de resinas compuestas con sistemas adhesivos permite un tratamiento mínimamente invasivo en comparación con el enfoque protésico tradicional basado en coronas de cerámica ³.

La estabilidad del color de la resina compuesta es una propiedad importante que influye en su longevidad clínica ⁴, ya que los dientes situados en el sector anterosuperior deben permanecer sin cambios visibles después de haber sido restaurados durante periodos considerables de tiempo.

No existe una técnica científica que se aplique para todos los casos, la apariencia estética de los materiales restauradores directos envuelve importantes aspectos físicos relacionados, como los métodos de medición, ajustes de color que no han recibido la atención académica y las derivaciones científicas están cubiertas solo superficialmente en la literatura ⁵. Se necesita realizar adecuadamente los procedimientos clínicos para evitar el deterioro prematuro de las restauraciones, pues las principales causas de fallas en los primeros cinco años de la restauración están relacionadas con la técnica y la selección del material ⁶. La rugosidad superficial crea un microambiente favorable a la adhesión y el crecimiento bacteriano capaz de promover la formación de caries secundaria, la inflamación gingival y el manchado de las restauraciones. El procedimiento de acabado y pulido se basa en la reducción progresiva de las rugosidades y rayas superficiales hasta llevarlas a un punto que sean más pequeñas que la longitud de onda de la luz visible.

Por lo tanto, los métodos de acabado y pulido son muy importantes para la estabilidad del color de las resinas compuestas ⁷, siendo uno de los pasos más trascendentes en la realización de la restauración. Este procedimiento, además de darnos restauraciones lisas y altamente pulidas que serán estéticamente más atractivas, disminuirá la acumulación de la placa bacteriana ², favorecerá la salud de los tejidos gingivales circundantes, la integridad marginal de la restauración en el tiempo, el confort del paciente ^{8,9}, aumentará la resistencia a la pigmentación, al desgaste ^{10,11} y reducirá el riesgo de una caries secundaria ¹². Todo lo anteriormente expuesto va a influir en la longevidad de la restauración.

Aunque la resina compuesta se usa con frecuencia, sigue siendo un desafío identificar sistemas de pulido apropiados para obtener un alto brillo superficial¹². Es por esto que existe una gran variedad de instrumentos fabricados para realizar las maniobras de acabado y pulido, de los cuales podemos nombrar el instrumental rotatorio de carburo de tungsteno, piedras diamantadas, óxidos metálicos de diferente granulometría sobre discos flexibles, gomas siliconadas o partículas más pequeñas en suspensiones formando pastas diamantadas y líquidos abrasivos. Una técnica de terminado traumática puede sobrecalentar y dañar la superficie de la resina compuesta¹³⁻¹⁵, resultando en un desgaste acelerado.

El éxito clínico de una restauración depende básicamente del desempeño en el tiempo de uso, es por eso que el aspecto relativo al envejecimiento de los materiales dentales está tomando cada vez más relevancia, porque permite predecir el comportamiento de los materiales en el tiempo cuando son sometidos a situaciones extremas pero controladas. Tampoco se encuentra disponible en la literatura la interacción del protocolo de pulido sobre la estabilidad óptica a distancia de estos materiales.

Existe poca evidencia de cómo los diferentes protocolos de pulido clínicos odontológicos pudieran afectar la estabilidad del color de las resinas compuestas diseñadas para usarse en el sector anterior. Por lo que, el objetivo de la investigación fue determinar el efecto de dos sistemas de pulido y el envejecimiento UV sobre en la estabilidad del color en la escala CIELab de resinas compuestas de nanorelleno (Filtek Z-350/3M), micro-híbrida (TetricNceram/Ivoclar) y nanohíbrida (Brilliant/Coltene) diseñadas para el sector anterosuperior. Para ello se establecieron las siguientes hipótesis:

- H_0 : El uso de sistemas de acabado y pulido (gomas vs. discos), más el envejecimiento por luz UV, no influyen en la estabilidad del color de resinas compuestas de nanorelleno, microhíbridas y nanohíbridas diseñadas para el sector anterosuperior.
- H_1 : El uso de sistemas de acabado y pulido (gomas vs. discos) mejora la estabilidad del color de resinas compuestas de nanorelleno, microhíbridas y nanohíbridas diseñadas para el sector antero-superior posterior al envejecimiento UV, ya que producen menos daño en la matriz de la resina compuesta.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio experimental, de corte longitudinal y de tipo comparativo. Para la recolección de los datos primarios se observaron las muestras fabricadas de los diferentes tipos de resinas compuestas (Filtek Z350 A2, TetricNceram A2 y Brilliant A2) las cuales fueron sometidas a dos tipos de acabado y pulido (Jiffy y SuperSnap) a partir de imágenes escaneadas en tres

diferentes momentos (pre-pulido, post-pulido y envejecido UV). Esos datos fueron descargados en una hoja de cálculo Excel previamente diseñada, en donde el valor de ΔE se obtuvo a partir de la ecuación y eso nos permitió discriminar las diferencias de color, en los diferentes momentos de medición. La población estuvo conformada por 24 unidades de estudio en forma de discos fabricadas de tres tipos de resinas compuestas, formuladas para ser utilizadas en el sector anterior. Con base en esta población se hizo un muestreo no probabilístico por cuotas, puesto que, la selección de la muestra fue en función de las características de la población, tomando en cuenta los criterios relacionados con las posibilidades del investigador (tiempo y recursos disponibles).

Los criterios de inclusión de las muestras fueron que:

- Las muestras estandarizadas no podían tener una variación mayor al 10% de las dimensiones planificadas.
- Las muestras no podían tener ningún tipo de deterioro físico-mecánico ni químico para poder estar dentro de la experimentación.

Por ser una investigación básica en donde se van a realizar estudios *In Vitro*, se siguieron las normas de bioseguridad establecidas por la facultad para no poner en riesgo al personal docente, auxiliar y estudiantado en general de la institución.

En la TABLA 1 se especifican las resinas seleccionadas en el presente estudio y las características de cada una de ellas.

TABLA 1.

Resinas compuestas.

Grupo, Composite/ Fabricante	Relleno % Peso	Relleno Químico	Matriz	Relleno Forma/ Tamaño	Lote	Color	Tipo
G1Filtek Z350 Body3M/ESPE	74,6	Si y Zr	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA y TEGDMA	Aglomerados esféricos de 0,6 –1,4 μm / 0,075 μm +0,02– 0,075 μm	LOT N099227	A2	Nano relleno
G2 Tetric® N Ceram/ Ivoclar- Vivadent	73,7	Vidrio de bario, dióxido de silicio y trifluoruro de iterbio	Bis-GMA, Bis-EMA.	Pre-polímeros de 0,04 – 0,12 μm +Irregulares de 0,5 y 0,7 μm	Lot L22822	A2	Micro Híbrido
G3 BrilliantEnamel/ Coltène	75,5	Vidrio de bario y ácido silícico amorfo	Bis-GMA y TEGDMA	Irregulares de 0,04–2,8 av 0,5 μm +nanorelleno	Lot 0192964	A2/B2	Nano Híbrido

La **TABLA 2** enseña los sistemas de pulido utilizados, los sistemas de pulido de acuerdo al fabricante, la presentación para cada uno de ellos y el lote al cual pertenecen.

TABLA 2.

Sistemas de acabado y pulido.

Grupo/ Sistema de Pulido/ (Fabricante)	Componentes	Presentación Comercial	Lote
J/ Jiffy® (Ultradent)	1.- Grueso, 220 (verde). 2.- Medio, 240 (amarillo). 3.- Extra Fino, 1200 (blanco). 4.- Cerdas. Carburo de silicio.	Gomas y cepillo de cerdas	S/L
SS/ Super Snap® (Shofu®)	1.-Medio (violeta). <i>Carburo de silicio.</i> 2.- Fino (verde). <i>Oxido de aluminio.</i> 3.- Ultrafino (rosa). <i>Oxido de aluminio.</i> Dimensión: 0.5in/1.3cm	Discos flexibles	S/L

En la **FIGURA 1** se observa el equipo de envejecimiento acelerado QUV/ Basic, Q-Panel (Lab. Products Cleveland, Ohio USA) con tubos fluorescentes UVB 313 con un pico de 313 nm.

Se utilizaron los Sistema de acabado y pulido Jiffy® Ultradent y Super Snap Shofu (**FIGURA 2**).



FIGURA 1.

Equipo de envejecimiento acelerado QUV/ Basiccon tubos fluorescentes UVB 313 con un pico de 313 nm.



FIGURA 2.

Sistemas de Acabado - pulido Jiffy y Super Snap.

La estabilidad del color de las resinas compuestas se determinó fabricando 8 discos de 10 mm de diámetro x 2 mm de alto de cada una de las resinas compuestas seleccionadas (FIGURA 3), se fotopolimerizaron, se almacenaron en agua destilada x 24 horas y por selección al azar las muestras asignadas para esta prueba se dividieron en dos grupos de pulido para cada resina G1J z350, G2J TetricNceram y G3J Brilliant (acabados y pulidos con gomitas Jiffy®), G1S z350, G2S TetricNceram y G3S Brilliant (acabados y pulidos con discos Super Snap), esas muestras se escanearon antes y después de realizar las maniobras de acabado y pulido interponiendo un fondo negro y luego un fondo blanco con un escáner digital (a 1200 dpi de resolución) para obtener dos imágenes por muestra y así realizar un promedio, este fue el DATO a partir de una imagen en formato de intercambio Tiff, esas imágenes se procesaron con el Software Adobe PhotoShop CS5 en imagen, modo, color CIELab, para el cual registramos el valor numérico L, a y b, lo que nos permitió el ΔE para cada muestra de cada tipo de resina compuesta en los momentos Pre-Pulido y Post-Pulido (TABLA 3).



FIGURA 3.

Discos de Resina Compuesta de 10 mm de diámetro x 2 mm de alto.

La estabilidad del color de las resinas compuestas posterior al envejecimiento se determinó sometiendo los mismos 24 discos previamente fabricados a luz U.V. en un equipo de envejecimiento programado según las normas ASTM D 4329 Y ASTM G 154 x 500 horas, las muestras se volvieron a escanear para obtener una imagen post envejecido con la cual se determinó el ΔE final y con este registro se obtuvo la variación del ΔE mediante hoja de cálculo Microsoft Excel (TABLA 4).

TABLA 3.
Estados Pre-Pulido y Post-Pulido.

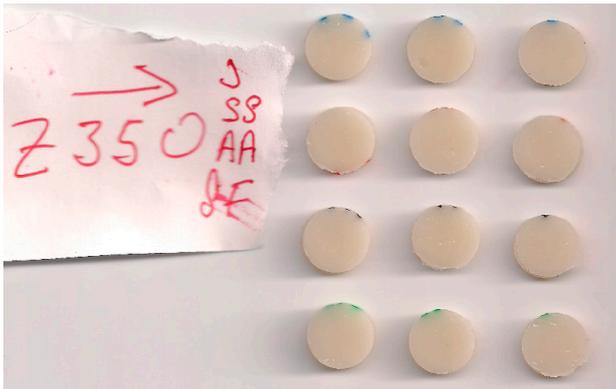
Condición	Z350
Pre-Pulido	
Post Pulido	

TABLA 4.
Estado Envejecido UV.

Condición	Z350
Envejecidas UV	

Ecuación para calcular ΔE :

Para determinar la diferencia total de color entre las tres coordenadas, se usó la siguiente fórmula:

$$\Delta E^* = \sqrt{[\Delta L^*2 + \Delta a^*2 + \Delta b^*2]}$$

L^* = luminosidad

a^* = coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)

b^* = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

ΔL^* = diferencia en luz y oscuridad (+ = más luminoso, - = más oscuro)

Δa^* = diferencia en rojo y verde (+ = más rojo, - = más verde)

Δb^* = diferencia en amarillo y azul (+ = más amarillo, - = más azul)

ΔE^* = diferencia total de color

Es importante destacar que Delta E sólo indica la magnitud de la diferencia total del color, pero no indica cuán correcta es.

- Para calcular la medida de tendencia central se utilizó la media aritmética y para la dispersión se consideró la desviación estándar, la unidad de medida fue el valor de ΔE obtenido de las imágenes escaneadas de las muestras en los tres momentos (pre-pulido, post-pulido y envejecido).
- Se realizaron pruebas estadísticas para comprobar las hipótesis de nulidad.
 - Para determinar los efectos intra-sujeto (entre los diferentes momentos) se realizó un análisis de la varianza “ANOVA” de medidas repetidas, ya que necesitamos medir la unidad de análisis en tres momentos (pre-pulido, post-pulido y envejecido). Para Las comparaciones múltiples se realizó la prueba de Bonferroni.
 - Para determinar los efectos inter-sujetos se realizó un ANOVA univariado para la variable estabilidad del color, en 2 NIVELES (es decir; si la estabilidad del color medida en variación de ΔE (variación de color), está influenciada por la resina compuesta y/o el sistema de pulido).
 - Para las comparaciones múltiples de los efectos inter-sujetos (es decir, entre los grupos de resinas compuestas (Filtek Z350, TetricNceram y BrilliantEnamel) y sistemas de pulido (Jiffy y SuperSnap), se realizó la prueba TUKEY HSD.
- El valor de “p” quedó preestablecido en 0,05.

PD: Para las pruebas estadísticas se utilizó el programa SPSS 19.0 (IBM).

Resultados

La TABLA 5 enseña los resultados de la estadística descriptiva, se puede observar que para la variable estabilidad del color en el momento 1 (Pre-pulido) Filtek Z350 tiene un valor promedio ΔE 70,2 (0,9) > que TetricNceram ΔE 66,6 (0,8) = y BrilliantEnamel ΔE 65,7 (0,9).

TABLA 5.

Estadística Descriptiva del color de las resinas compuestas evaluadas en función a la marca, al sistema de pulido y la condición (Pre pulido 1, Post pulido 2, Envejecimiento UV 3).

Condición	Material	Media	Desvío	N	CV %	ANOVA p≤.05	T-HSD p≤.05	Bonferroni p≤.05
1	Filtek Z350	70,21	0,92	8	1	≠	B	
1	TetricN ceram	66,63	0,79	8	1	≠	A	
1	Brilliant Enamel	65,68	0,93	8	1	≠	A	
1	Jiffy	67,32	2,22	12	3	A		
1	Super Snap	67,69	2,19	12	3	A		
1	Total	67,51	2,16	24	3			A
2	Filtek Z350	70,76	1,10	8	2	≠	B	
2	TetricNceram	66,57	1,03	8	2	≠	A	
2	BrilliantEnamel	66,43	0,43	8	1	≠	A	
2	Jiffy	67,72	2,31	12	3	A		
2	Super Snap	68,12	2,23	12	3	A		
2	Total	67,92	2,23	24	3			B
3	Filtek Z350	68,62	0,66	8	1	≠	B	
3	TetricNceram	68,28	2,42	8	4	≠	B	
3	BrilliantEnamel	63,99	1,21	8	2	≠	A	
3	Jiffy	67,45	2,61	12	4	A		
3	Super Snap	66,48	2,70	12	4	A		
3	Total	66,96	2,65	24	4			A

Los Efectos inter-sujetos para la variable estabilidad del color nivel resina compuesta con un valor de $p=0,000$, con diferencias estadísticas significativas; por lo cual se rechaza la hipótesis de nulidad. Efectos inter-sujetos para la variable estabilidad del color nivel sistema de acabado y pulido (Pulido) con un valor de $p=0,856$; sin diferencias estadísticas significativas; por lo cual se acepta la hipótesis de nulidad. Efectos inter-sujetos para la variable estabilidad del color nivel interacción Resina Compuesta y Pulido con un valor de $p=0,836$; sin diferencias estadísticas significativas; es decir los resultados son independientes del cruce de variables (TABLA 6).

TABLA 6.

ANOVA Univariado para color en función de la resina compuesta y el sistema de acabado y pulido.

Pruebas de los efectos inter-sujetos					
MEDIDA: DELTA_E. Variable transformada: Promedio					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	327688,308	1	327688,308	134260,111	,000
Resina compuesta	245,997	2	122,999	50,395	,000
Pulido	,083	1	,083	,034	,856
resina compuesta * Pulida	,880	2	,440	,180	,836
Error	43,933	18	2,441		

Prueba de Tukey HSD para las comparaciones múltiples de los efectos inter-sujetos nivel resina compuesta (Composite) con media y error ($0,814 \pm$) expresada en diferencias de delta E (ΔE): Filtek Z350 69,86 > TetricNceram 67,16 > BrilliantEnamel 65,37.

Los resultados para Efectos intra-sujetos para estabilidad de Color con un valor de $p=0,001$ indican diferencias estadísticas significativas; es decir el color varía entre los diferentes momentos para las mismas unidades de análisis.

Resultados de la estadística descriptiva con la media e IC 95% expresada en delta E (ΔE): Post pulido2 67,92 (IC95 67,5-68,3) > Pre-pulido1 67,5 (IC95 67,1-67,9) = Envejecido UV 367 (IC95 66,3-67,6).

En la prueba de Bonferroni para las comparaciones múltiples entre las diferentes condiciones se pudo observar el valor de $p \leq 0,05$, lo que indica diferencias estadísticamente significativas entre el momento Post pulido2 > y los momentos Pre-pulido1 = $p \geq 0,05$ y Envejecido UV3 (TABLA 7).

Discusión

Las resinas compuestas son actualmente los materiales de elección al momento de realizar restauraciones de inserción plástica. Los motivos son amplios ya que es un material altamente versátil y hoy día se usa en la mayoría de las especialidades odontológicas¹⁶. Dentro de sus virtudes se destacan las propiedades ópticas, la longevidad aceptable¹⁷, la posibilidad de conservación de tejidos y adhesión relativamente consistente a la estructura dentaria¹⁵. Sin embargo, tienen como principal problema el cambio de color producto de muchos factores que incluyen la mala higiene bucal, el uso de tabaco, algunos tipos de dietas, técnicas de pulido inadecuadas, exceso de textura y falta de integridad superficial¹⁸.

TABLA 7.

Comparaciones por pares de Bonferroni para estimar diferencias en la variable dependiente estabilidad del color en los diferentes momentos.

Medida: Delta_E						
(I) Estabilidad_Color	(J) Estabilidad_Color	Diferencia de medias (I-J)	Error tít. Límite inferior	Sig. Límite superior	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia ^a	
					Límite inferior	Límite superior
1 PRE-PULIDO	2	-,412'	,154	,047	-,820	-,005
	3	,541	,351	,421	-,385	1,467
2 POST PULIDO	1	,412'	,154	,047	,005	,820
	3	,953'	,286	,011	,199	1,708
3 ENVEJECIDO UV	1	-,541	,351	,421	-1,467	,385
	2	-,953'	,286	,011	-1,708	-,199

Basadas en las medias marginales estimadas.

* La diferencia de medias es significativa al nivel ,05. a. Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

El odontólogo clínico requiere tener a la mano información científica sobre las propiedades de las resinas compuestas en cuanto a su comportamiento en el medio bucal. Existen en el mercado gran cantidad de fabricantes y de productos con diversas características, pero desafortunadamente no existe un consenso entre factores importantes como lo son metodología de selección de color, translucidez/opacidad, grado de fluorescencia, entre otros. A la par de ello, se necesita realizar adecuadamente los procedimientos clínicos que dependen del grado de entendimiento, entrenamiento y la escuela donde se formó el odontólogo clínico.

El óptimo acabado y pulido de las resinas compuestas es uno de los pasos más importantes en la realización de la restauración, ya que no solo resulta en la óptima estética, también favorece la salud de los tejidos gingivales circundantes, la integridad marginal de la restauración en el tiempo, el confort del paciente ^{8,9}, y aumenta la resistencia a la pigmentación, al desgaste ^{10,11} y posiblemente influya en la longevidad de la restauración.

Existe una gran variedad de instrumentos fabricados para realizar estas maniobras, de los cuales podemos nombrar el instrumental rotatorio de carburo de tungsteno, piedras diamantadas, óxidos metálicos de diferente granulometría sobre discos flexibles, gomas siliconadas o partículas más pequeñas en suspensiones formando pastas diamantadas y líquidos abrasivos. Una técnica de terminado traumática puede sobrecalentar y dañar la superficie de la resina compuesta ¹³⁻¹⁵ resultando en un desgaste acelerado.

En relación al envejecimiento acelerado para simular deterioro de materiales poliméricos encontramos el almacenamiento en agua por largos periodos, la pigmentación con café, té o vino tinto, termociclado, sin embargo parece haber consenso en que la técnica ideal es el envejecimiento acelerado por luz UV ^{20,21,22-24}.

La estabilidad del color puede ser evaluada mediante métodos visuales (más subjetivos) y aparatos específicos como espectrofotómetros ²⁵. La metodología utilizada en el presente estudio está acorde con estudios previos que usaron el espacio del color basado en sistema de coordenadas CIE L*, a*, b*. Este sistema fue escogido para evaluar la variación de color ΔE ya que este es apropiado para determinar pequeños cambios y tiene ventajas como repetitividad, sensibilidad y objetividad ^{19,25}. Es importante destacar que ΔE sólo indica la magnitud de la diferencia total de color, pero no indica cuán correcta es el color, por lo que es una buena herramienta de uso comparativo. Desde un punto de vista práctico se ha reportado que diferencias en ΔE de valores de 1 a 3 son perceptibles por el ojo humano y valores mayores a 3 son clínicamente inaceptables ^{26,27}.

Powers y colaboradores en 1980 ²⁰ estudiaron la estabilidad del color de siete resinas compuestas bajo envejecimiento acelerado, evaluado por espectrofotometría de reflexión a las 0, 300, 600 y 900 horas. Determinaron que el envejecimiento simulado en estadios tempranos produce resinas compuestas más oscuras, más cromáticas y más opacas. Los cambios en el color de las resinas compuestas convencionales durante envejecimiento estuvieron influenciados por la erosión de las matrices de resina y la exposición de las partículas de relleno. Además, observaron una mayor estabilidad del color de las resinas compuestas de microrelleno sobre las resinas compuestas convencionales y no parecen estar influenciadas por la erosión. En nuestra experiencia pudimos observar la erosión de las matrices y exposición del relleno. Sin embargo, tal como en el estudio de Powers y colaboradores. Este cambio en la estabilidad del color fue mayor para los composites de nano-híbridos (BrilliantEnamel) y nanorellenos esféricos puros (Filtek Z350). La estabilidad fue mayor para la resina compuesta que posee mezclas con pre-polimerizados (TetricNceram) seguida del nanorelleno puro. Esto pudiera estar asociado a la presencia de resina ya polimerizada por el fabricante lo que la hace más estable que la lograda con la unidad de foto polimerización, ya que el aumento en el grado de polimerización o el resellado de la superficie pareciera ser importante en la estabilidad del color ²⁸. Oliveira y colaboradores en 2014 ²⁴ evaluaron el efecto del envejecimiento artificial acelerado en la estabilidad del color y el grado de conversión de resinas compuestas de nanorelleno y nano-híbridas asociados a diferentes sistemas adhesivos en restauraciones directas estéticas. Para ello utilizaron 2 resinas compuestas Z350XT e IPS Em-

pressDirect, 3 sistemas adhesivos (SB multi-purpose, Tetric N Bond y Clearfill SE bond), en 2 periodos (0h, 300h UVa). Utilizaron un espectrofotómetro con escala de medición CIE*L*a*b y grado de conversión con espectroscopia IR y encontraron que el sistema adhesivo no tuvo influencia en la superficie o en la zona de unión, el tipo de resina compuesta sí tuvo influencia en la estabilidad del color, siendo más estable para el nano-híbrido, lo que podemos explicar porque ese fabricante (Ivoclar/Vivadent) utiliza pre-polímeros en su mezcla, además el grado de conversión fue de un 67%, lo que era superior al 61% del nano-relleno, posiblemente porque los iniciadores de este fabricante (3M ESPE) son menos eficientes. Esto concuerda con nuestra experiencia en donde Filtek Z-350 se volvió más opaco que el TetricNceram.

La utilización de luz UV parece ser un método conveniente para realizar las pruebas de envejecimiento ya que utiliza cambios de exposición a luz UV con humedad. En nuestro estudio las muestras se envejecieron con lámpara fluorescente UVB-313 x 500h siguiendo las normas ASTM G154-06; G151-10 4329-05, sin embargo pareciera ser que con periodos más cortos se pueden obtener cambios clínicamente relevantes $\Delta E \geq 3,3$ y que también son dependientes del material a evaluar ^{24,25,29}.

En relación con la estabilidad del color nivel sistema de acabado y pulido pudimos observar que el sistema de pulido no produce diferencias en ninguna de las condiciones. Sin embargo, pudimos notar que para el estado Post-pulido Super Snap produce muestras más luminosas que luego esta relación se invierte cuando las muestras son sometidas al envejecimiento acelerado, ya que para TetricNceram y en un menor grado para BrilliantEnamel el color pareciera ser más estable cuando se usa Jiffy. Para Filtek Z350 no parece existir ninguna influencia de parte del sistema de acabado y pulido.

Se puede especular que Super Snap produce menos daño por ser un papel abrasivo más flexible montado en un sistema de sujeción que se basa en una goma muy suave, sin embargo, las diferencias en color no son ni clínica, ni estadísticamente significativas. Nuestros resultados difieren con los de Moraes y colaboradores en 2015 ²¹ al estudiar la influencia del envejecimiento artificial acelerado en la estabilidad del color y la rugosidad superficial de resinas compuestas sometidas a diferentes sistemas y periodos de acabado y pulido. Mediante el uso de 1 resina pulida con 4 sistemas (no pulido, papel abrasivo, discos de goma, papel abrasivo + discos de goma) en diversos periodos (inmediato, 24h, 7d y 480h UVa) encontraron que la rugosidad no fue diferente entre los diversos grupos y periodos, pero que el grupo papel abrasivo mostro la menor variación; es decir, menor alteración de color.

Los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con los obtenidos por Sirin Karaarslan y colaboradores en 2013 ²⁸ quienes evaluaron el efecto de los procedimientos de pulido en la estabilidad del color de dife-

rentes tipos de resinas compuestas posterior al envejecimiento. Para esto utilizaron 4 tipos de resinas: ormocer, empacable, nanohíbrido y microhíbrido en 4 condiciones de pulido: no pulido, discos, ruedas, re-sellado. Ellos usaron envejecimiento acelerado UV y midieron en escala $CIE^*L^*a^*b$ y encontraron que todos los grupos fueron afectados por el envejecimiento UV.

También están en concordancia con los resultados de Drubi-Filho y colaboradores en 2012²⁹ quienes evaluaron la estabilidad del color de resinas compuestas sometidas a diferentes periodos de envejecimiento artificial acelerado. Usaron las resinas compuestas TetricCeram, Filtek P90 y Filtek Z250 sometidas a envejecimiento UV y medidas mediante espectrofotómetro en escala BYM y observaron que todas las resinas fueron afectadas por el UV-a ya que disminuyó la luminosidad y aumentó el croma. Al igual que en nuestro estudio estos cambios fueron independientes del material, lo interesante de este estudio fue que con cortos periodos de tiempo se observaron cambios $\geq 3,3$ pero fueron independientes al material TetricCeram > P90 > Z250. En nuestro caso TetricNceram se comportó más estable que los otros materiales.

En la presente investigación el cambio de color puede estar asociado a la degradación de la matriz polimérica y a la corrosión del relleno por parte de los agentes degradantes radiación UV, agua y cambios de temperatura. Estos agentes pueden cambiar el índice de refracción y producir composites más opacos y rugosos. Pareciera ser que en las resinas compuestas con distribuciones de partículas más grandes (BrilliantEnamel), aumentan la cantidad de relleno expuesto al medio y esto lo haría más susceptibles a la erosión de la superficie del relleno, haciéndolos menos inestables al cambio de color. Además, parece ser independientes del sistema de pulido utilizado. De algún modo pareciera que la variable que permite mayor resistencia a la decoloración tiene que ver con la presencia de pre-polímeros que cubren en su totalidad las partículas. El envejecimiento acelerado UV-a produce daños en la superficie de la resina compuesta lo que conlleva a un aumento en la rugosidad. Esto coincide con los resultados obtenidos por Catelan y colaboradores en 2016²³ quienes evaluaron la influencia del sellador de superficie sobre la estabilidad del color y la rugosidad superficial de las resinas compuestas después del envejecimiento artificial acelerado. Utilizaron 1 resina compuesta, 2 selladores en 4 niveles (control pulido, no sellado, sellador 1 y sellador 2) en varios tiempos de envejecimiento (24h y 252h en UVa), luego usaron un perfilómetro para evaluar la rugosidad superficial y encontraron que el grupo no sellado mostro el mayor cambio de color. No hubo diferencias entre los grupos sellados, ni con el tipo de sellador y llegaron a la conclusión de que el envejecimiento produce daños en la superficie producto por un aumento en la rugosidad independientemente del grupo experimental.

En 2008 Zanin y colaboradores³⁰ estudiaron los cambios de color y la rugosidad superficial de tres resinas compuestas indirectas sometidas a envejecimiento acelerado. Estos especímenes fueron sometidos a envejecimiento acelerado por 384h con UVa. Dentro de sus resultados encontraron que el envejecimiento acelerado produce cambios de color e incrementa la rugosidad de las superficies en todas las resinas compuestas evaluadas. La resina Solidex mostró cambios de color detectables clínicamente ($\Delta E = 4.31 + / - 0.22$), el valor de rugosidad ($Ra = 0.088 + / - 0.008$ micrones) fue estadísticamente más bajo que de Artglass ($Ra = 0.141 + / - 0.026$ micrones) y Targis ($Ra = 0.124 + / - 0.02$ micrones) ($p < 0.001$). Concluyeron que las resinas compuestas indirectas evaluadas mostraron cambios de color y un aumento de rugosidad después del envejecimiento acelerado tal cual como ocurrió con nuestras probetas.

Dantas *et al.* en el 2018 llevaron a cabo un estudio cuyo objetivo fue evaluar los efectos del envejecimiento artificial ultravioleta sobre el color, la fluorescencia, el brillo y la translucidez de diferentes resinas compuestas. Se construyeron muestras de forma cilíndrica de cuatro compuestos diferentes, tres nanohíbridos: Admira Fusion (VOCO), TPH3 (DENTSPLY) y GrandioSO (VOCO) y uno de nanorrelleno: Filtek™ Z350 XT (3M / ESPE). Además, se obtuvieron muestras de esmalte de incisivos bovinos que se prepararon con las mismas dimensiones y se usaron como grupo de control. Las evaluaciones de color, translucidez, fluorescencia y brillo se realizaron al inicio y después del envejecimiento artificial. Las muestras se sumergieron en saliva artificial y se sometieron a envejecimiento artificial (luz ultravioleta durante 300 h). Los datos se analizaron mediante ANOVA unidireccional y la prueba post hoc de Tukey ($\alpha = 0.05$). El envejecimiento artificial por luz alteró todas las propiedades ópticas evaluadas, especialmente la estabilidad del color de los compuestos, de forma similar a nuestro estudio. Filtek™ Z350 XT (nanorrelleno) mostró el peor desempeño con respecto al mantenimiento de la condición basal, siendo el material con el mayor cambio de color, coincidiendo con nuestra investigación, en donde Filtek Z-350 se volvió más opaco que TetricNceram. Admira Fusion y GrandioSO (nanohíbridos) sufrieron el menor cambio de color, y GrandioSO fue el material que permaneció más estable en comparación con los parámetros evaluados.

En el 2019 Kim *et al.*⁷ evaluaron la influencia de los métodos de pulido en la estabilidad del color de las resinas compuestas. Dos resinas compuestas de tipo bulk-fill y cuatro convencionales se rellenaron en moldes cilíndricos (6 mm de diámetro, 4 mm de altura) y se fotopolimerizaron. Las muestras se almacenaron en agua destilada a 34 °C durante 24 h. Se usó un espectrofotómetro para determinar el valor del color de acuerdo con el espacio de color CIEL*a*b*. Cada grupo se dividió en tres grupos según los métodos de

pulido (n = 5). El grupo 1 era el grupo control (grupo de tiras Mylar), el grupo 2 se pulió con PoGo y el grupo 3 se pulió con ruedas Sof-Lex Spiral. La evaluación del color se realizó semanalmente durante 4 semanas después de la inmersión en agua destilada a 34 °C. El análisis reveló que el grupo de ruedas Sof-Lex Spiral mostró valores de ΔE significativamente más bajos en comparación con PoGo y el grupo de control ($P < 0.05$). Los valores de ΔE del grupo pulido mostraron valores significativamente más bajos que los valores de ΔE del grupo sin pulir o de control ($P < 0.05$). Con respecto al cambio de color de las resinas compuestas, TetricNceram Bulk-Fill mostró los valores de ΔE significativamente más bajos en comparación con las otras resinas compuestas ($P < 0.05$). Aunque se diferencia de nuestra investigación en que las resinas no fueron sometidas a envejecimiento por luz UV, y se utilizaron otros sistemas de pulido, coincidió con nosotros en que la resina que mostró el mejor desempeño fue la TetricNceram, aunque de tipo Bulk-Fill. Además, en este estudio los métodos de pulido influyeron en la estabilidad del color de las resinas compuestas, mientras en el nuestro la estabilidad del color de las resinas probadas fue independiente del sistema de acabado y pulido.

Finalmente, para dar explicación a lo sucedido con la estabilidad del color en los diferentes momentos, se pudo observar que el valor promedio de ΔE para el estado Post-pulido fue el mayor y diferente que al estado Pre-pulido, lo que pudo haber ocurrido porque las muestras al estar pulidas fueron más luminosas que antes de pulirse. En la parte inferior se ubicó el estado Envejecido UV-a, el que fue estadísticamente diferente al estado Post-pulido, pero no al estado inicial pre-pulido. Esta igualdad podemos explicarla porque el diente es un objeto especial y los materiales con los que se simula también son muy luminosos y translúcidos, ya que tienen que transmitir el color de la dentina y reflejar luminosidad del ambiente, entonces en la ecuación de CIEL*a*b* ($\Delta E^* = \sqrt{[\Delta L^*2 + \Delta a^*2 + \Delta b^*2]}$) el valor de L^* (luminosidad) pesará más que el valor de b^* (diferencia en amarillo y azul) y mucho más que a^* (diferencia en rojo y verde), consecuentemente, si bien, todas las muestras envejecidas se observan deterioradas, opacas, sin brillo, ellas son de aspecto más cromático y esto aumentaría el peso de a^* y b^* en la ecuación. Entonces serían menos luminosas, pero más cromáticas y esto no lo puede discriminar la ecuación. Estos resultados concuerdan con Powers y colaboradores en 1980²⁰.

Conclusiones

- La variación del color inicial que ocurre entre las diferentes marcas sucede porque el tono proporcionado por el fabricante es diferente al patrón de oro (Guía VITA Clásica).
- Las resinas compuestas evaluadas en esta investigación sufrieron de cambios en el color en los diferentes momentos y no parece estar in-

fluenciado por el sistema de acabado y pulido, sin embargo el estado Post-pulido aumenta la luminosidad de las resinas evaluadas.

- Los cambios de color estarían asociados a la degradación de la matriz polimérica y a la corrosión del relleno por parte de los agentes degradantes radiación UV, a la erosión por agua y los cambios de temperatura.
- La presencia de pre-polímeros en la resina compuesta TetricNceram parece ser importante en la estabilidad del color, ya que su presencia se relacionó con un mejor desempeño.
- El envejecimiento UVa produce cambios superficiales en la superficie de las muestras haciéndolas más rugosas y cromáticas.
- Finalmente se puede concluir que las propiedades ópticas de las resinas compuestas dependen de la microestructura y composición química de estos materiales.

Referencias

1. Baratieri L, Estética, 2 ed., Caracas: AMOLCA, 2004.
2. Konark, Singh A. Effect of three finishing and polishing systems on the surface of nanofilled composite resin. a novel research approach. Global Journal for Research Analysis. Septiembre 2019; 8(9): 101-103.
3. Ardu S, Duc O, Di Bella E, Krejci I. Color stability of different composite resins after polishing. Odontology. Enero 2018 (Publicado online).
4. Shamszadeh S, Sheikh-Al-Eslamian S, Hasani E, Abrandabadi A, Panahandeh N. Research Article: Color Stability of the Bulk-Fill Composite Resins with Different Thickness in Response to Coffee/Water Immersion. International Journal of Dentistry. Volume 2016. 5 p.
5. Paravina R, Westland S, Johnston W, Powers J. Color Adjustment Potential of Resin Composites. J Dent Res. 2008; 87(5): 499-503.
6. Drummond J. Degradation, Fatigue, and Failure of Resin Dental Composite Materials. J Dent Res. 2008; 87(8): 710-719.
7. Kim HJ, Kim MY, Song BC, Kim SH, Kim JH. Effect of polishing methods on color change by water absorption in several composite resins. J Dent Rehabil Appl Sci. 2019; 35(1): 1-10.
8. Jefferies S. Abrasive finishing and polishing in restorative dentistry: a state-of-the-art review. Dent Clin North Am. vol. 2007; 51(2): 379-397.
9. Celik C, Ozgünaltay G. Effect of finishing and polishing procedures on surface roughness of tooth-colored materials. 2009; 40(9): 783-789.
10. Jefferies S. The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry. Dent Clin North Am. 1998; 42(4): 613-627.
11. Gördan V, Patel S, Barrett A, Shen C. Effect of surface finishing and storage media on bi-axial flexure strength and microhardness of resin-based composite. Oper Dent. 2003; 28(5): 560-567.
12. St-Pierre L, Martel C, Crépeau H, Vargas MA. Influence of Polishing Systems on Surface Roughness of Composite Resins: Polishability of Composite Resins. Operative Dentistry. 2019; 44(3): E122-32.
13. K. Leinfelder K, Wilder A, Teixeira A. Wear rates of posterior composite resins. J Am Dent Assoc. 1986; 112(6): 829-833.
14. Wu W, Toth E, JF M, Ellison J. Subsurface damage layer of in vivo worn dental composite restorations. J Dent Res. 1984; 63(5): 675-680.

15. Ratanapridakul K, Leinfelder K, Tomas J. Effect of finishing on the in vivo wear rate of posterior composite resin. *J Am Dent Assoc.* 1989; 118(5): 524-526.
16. Ferracane J. Resin composite-State of the art. *Dental Materials.* 2011; 27(1): 29-38.
17. Demarco F, Collares K, Corra M, Cenci M, Moraes M, Opdam N. Should my composite restorations last forever? Why are they failing? *Braz. Oral Res.* 2017; 31(suppl): e56.
18. Tyas M. Colour stability of composite resins: a clinical comparison. *Aust Dent J.* Abril 1992;37(2):88-90.
19. Taşkınsel E, Ozel E, Oztürk E. Effects of sports beverages and polishing systems on color stability of different resin composites. *J Conserv Dent.* Julio 2014; 17(4): 325-329.
20. Powers J, Fan P, Raptis C. Color stability of new composite restorative materials under accelerated aging. *J Dent Res.* 1980; 59(12): 2071-2074.
21. De Morais R, Garcia Lda F, Cruvinel D, Panzeri FC. Color Stability and Surface Roughness of Composite submitted to Different Types and Periods of Finishing/Polishing: Physical Properties of Composites. *J Contemp Dent Pract.* Julio 2015; 16(7): 565-570.
22. Gaintantzopoulou M, Kakaboura A, Vougiouklakis G. Colour stability of tooth-coloured restorative materials. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* Junio 2005; 13(2): 51-56.
23. Catelan A, Suzuki T, Becker FJ, Briso A, Dos Santos P. Influence of surface sealing on color stability and roughness of composite submitted to ultraviolet-accelerated aging. *J Investig Clin Dent.* Enero 2016; 2018.
24. Oliveira D, Souza-Júnior E, Prieto L, Coppini E, Maia R, Paulillo L. Color stability and polymerization behavior of direct esthetic restorations. *J Esthet Restor Dent.* Julio-Agosto 2014; 26(4): 288-295.
25. Silami F, Mundim F, Garcia LF, Sinhoreti M, Pires-de-Souza FC. Color stability of experimental composites containing different photoinitiators. *J Dent.* Agosto 2013; 41(suppl 3): 62-66.
26. Alawjali S, Lui J. Effect of one-step polishing system on the color stability of nanocomposites. *J Dent.* Agosto 2013; 41(suppl 3): 53-61.
27. Bansal K, Acharya S, Saraswathi V. Effect of alcoholic and non-alcoholic beverages on color stability and surface roughness of resin composites: An in vitro study. *J Conserv Dent.* Julio 2012; 15(3): 283-288.
28. Sirin Karaarslan E, Bulbul M, Yildiz E, Secilmis A, Sari F, Usumez A. Effects of different polishing methods on color stability of resin composites after accelerated aging. *Dent Mater J.* 2013; 32(1): 58-67.
29. Drubi-Filho B, Garcia Lda F, Cruvinel D, Sousa A, Pires-de-Souza FC, Color stability of modern composites subjected to different periods of accelerated artificial aging. *Braz Dent J.* 2012; 23(5): 575-580.
30. Zanin F, Garcia LF, L. Casemiro L, Pires-de-Souza FC. Effect of artificial accelerated aging on color stability and surface roughness of indirect composites. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* Marzo 2008; 16(1): 10-14.
31. Dantas DCB, Mathias IF, Borges AB, Torres CRG, Caneppele TMC. Effects of artificial accelerated aging on the optical properties of resin composites. *Bioscience Journal.* Marzo/Abril 2018; 34(2): 505-513.