



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA.

**ESTABILIDAD DEL COLOR DE TRES RESINAS
COMPUESTAS DE BAJA CONTRACCIÓN,
APLICANDO LA TÉCNICA DE SELLADO SOMETIDAS
A PIGMENTACIÓN POR CAFÉ**

Trabajo Especial de Grado para optar al título de Odontólogo

Autores: Daniela A. Jucht B.

Brenda A. Urdaneta D.

Tutor: Dr. Robert Ramírez.

Mérida – Venezuela, septiembre 2019

AGRADECIMIENTOS

Gracias al Dr. Jesús Sánchez, al Dr. Darío Sosa y a nuestro amigo y compañero de clases Luis Felipe Rondón por sus aportes y valiosa colaboración para el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	ix
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1 Definición y contextualización del problema	4
1.2 Objetivos de la investigación	10
1.2.1 Objetivo general	10
1.2.2 Objetivos específicos.....	10
1.3 Justificación.....	11
CAPÍTULO II	14
MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 Antecedentes	14
2.2 Bases conceptuales.....	39
2.2.1 Composites o Resinas compuestas.....	39
2.2.2 Clasificación de las resinas compuestas.	52
2.2.3 Resinas mono-incrementales o Bulk-fill.	55
2.2.4 Resinas empleadas en la investigación.	60
2.2.5 Adhesión.....	63
2.2.6 Selladores.	67
2.2.7 Principales causas de fallas de las resinas compuestas.	68
2.2.8 Agentes pigmentantes.	76
2.2.9 Tipos de pigmentación.	77

2.2.10	Café como sustancia pigmentante.	79
2.2.11	Color.	80
CAPÍTULO III		88
MARCO METODOLÓGICO.....		88
3.1	Alcance y diseño de investigación.....	88
3.2	Unidades de análisis.....	88
3.3	Sistema de variables.....	89
3.3.1	Variable dependiente.	89
3.3.2	Variables independientes.	89
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	89
3.5	Procedimientos, materiales, equipos e instrumentos	89
3.5.1	Materiales y equipos.....	89
3.5.2	Procedimiento.....	90
3.6	Análisis de resultados.....	92
CAPÍTULO IV		93
RESULTADOS		93
4.1	Resultados para la variable dependiente estabilidad del color de las resinas compuestas	93
4.2	Resultados para las variables independientes: condición de las unidades de análisis (selladas o no) y marca de resina compuesta.	97
4.2.1	Resultados para la estabilidad del color entre las diferentes marcas de resina:.....	98
4.2.2	Resultados para la estabilidad del color de las resinas de acuerdo a la condición de sellado.	99
4.3	Resultados para la estabilidad del color en función del momento:	
	103	
CAPÍTULO V.....		111

DISCUSIÓN	111
CAPÍTULO VI.....	123
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
6.1 Conclusiones.....	123
6.2 Recomendaciones.....	124
ANEXOS	125
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Matiz. Fuente: Summitt's fundamentals of operative dentistry, 2013.	82
Figura 2. Valor. Fuente: Summitt's fundamentals of operative dentistry, 2013.	82
Figura 3. Cromo. Fuente: Summitt's fundamentals of operative dentistry, 2013.	82
Figura 4. Espacio de color CIEL*a*b. Fuente: Craig's restorative dental materials 2011.	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos clínicos para la resina propuestos por la Asociación Dental Americana basados en evaluaciones en un periodo de 18 meses....	48
Tabla 2. Características, ventajas y beneficios de la resina Z100.....	61
Tabla 3. Interpretación de las diferencias de color entre dientes y materiales del color del diente a través de 50:50% rango de perceptibilidad (PT) y 50:50% rango de aceptabilidad (AT).	84
Tabla 4. Composición química de las resinas empleadas en el estudio.	90
Tabla 5. Estadísticos descriptivos.....	94
Tabla 6. ANOVA multivariado de los efectos Inter-Sujetos.	98
Tabla 7. HSD Tukey para comparación de la estabilidad del color ΔE entre las resinas.	99
Tabla 8. Variación de ΔE entre las variables resina compuesta y condición de sellado.	100
Tabla 9. Hoja de cálculo de Microsoft Excel con los valores de las coordenadas L^* , a^* y b^* , en los diferentes momentos.....	105
Tabla 10. Continuación de la hoja de cálculo de Microsoft Excel con los valores de las coordenadas L^* , a^* y b^* , en los diferentes momentos.	105
Tabla 11. Estimaciones.	106
Tabla 12. Prueba por pares de Bonferroni para comparaciones múltiples.	107

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Registro del promedio de la variación de ΔE para estabilidad del color con respecto a las diferentes marcas de resina en los diferentes momentos.....	96
Gráfico 2. Registro del promedio de la variación de ΔE para estabilidad del color con respecto a la condición de sellado en los diferentes momentos.	96
Gráfico 3. Estabilidad del color de las resinas compuestas en función de la condición de sellado en el momento 1. (Toma de color previo a la inmersión de los especímenes en café).....	100
Gráfico 4. Estabilidad del color de las resinas compuestas en función de la condición de sellado en el momento 2. (Día 7 de inmersión en café).....	101
Gráfico 5. Estabilidad del color de las resinas compuestas en función de la condición de sellado en el momento 3. (Día 14 de inmersión en café)...	102
Gráfico 6. Estabilidad del color de las resinas compuestas en función de la condición de sellado en el momento 4. (Día 28 de inmersión en café)...	103



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA

ESTABILIDAD DEL COLOR DE TRES RESINAS COMPUESTAS DE BAJA CONTRACCIÓN, APLICANDO LA TÉCNICA DE SELLADO SOMETIDAS A PIGMENTACIÓN POR CAFÉ.

Trabajo Especial de Grado para optar al título de Odontólogo

Autores: Daniela A. Jucht B.

Brenda A. Urdaneta D.

Tutor: Dr. Robert Ramírez.

Mérida – Venezuela, Julio 2019.

RESUMEN

Introducción: La alteración en la estabilidad del color es una falla frecuente, asociada a la ingesta de sustancias pigmentantes como el café y la microfiltración, defecto que puede disminuirse empleando resinas de baja contracción como las resinas para técnica bulk-fill cuya efectividad sigue siendo controversial. La técnica de sellado pudiera mejorar la estabilidad del color y éxito de la restauración a largo plazo. **Objetivo:** Determinar la estabilidad del color de tres resinas compuestas de baja contracción al ser sometidas a pigmentación por café, aplicando la técnica de sellado. **Metodología:** 10 muestras de las resinas Tetric EvoCeram™ Bulk-fill (BF), Filtek™ Z250 (FZ) y Z100™ (Z); al grupo experimental se le aplicó una capa de adhesivo Adper Single Bond Plus™ como agente sellador, para luego sumergir los discos en café durante 28 días. Los datos se recolectaron a través de imágenes tomadas con escáner, software Photoshop y sistema CIEL*a*b para evaluar las diferencias de color. **Resultados:** Se aplicó una prueba ANOVA, HSD Tukey, Bonferroni y SPSS19. ($p \leq 0,05$). Se observó que los valores de delta E (ΔE) de la resina FZ fueron mayores en comparación con las otras resinas en todos los momentos y se evidencia que la aplicación de sellado no mejora de manera estadísticamente significativa la estabilidad del color de las resinas estudiadas $p=0,00$. **Discusión:** El alto contenido de silano y posibles microgrietas en la interfase relleno y matriz de (FZ) pudieran ser responsables de los valores más altos de ΔE . **Conclusión:** La aplicación del adhesivo como sellador no mejora de manera significativa la estabilidad del color de las resinas ante la exposición a café. **Palabras Clave:** Estabilidad del color, café, selladores, Bulk-fill, baja contracción.

INTRODUCCIÓN

Las resinas compuestas son combinaciones de cuatro elementos principales: una matriz polimérica que constituye la fase orgánica, partículas de relleno inorgánico, un agente de acoplamiento y un sistema iniciador¹, obteniéndose propiedades superiores a las que presentan sus constituyentes de manera individual²; cuyo resultado es un material altamente estético capaz de reproducir de manera armónica las características de los tejidos dentales. A lo largo de los años las resinas compuestas se han mantenido en constante evolución, manteniendo el enfoque en desarrollar tecnologías que garanticen longevidad y propiedades estéticas y mecánicas óptimas que permanezcan constantes en el tiempo. Es vital tener estos factores en cuenta al momento de seleccionar una resina ya que cada vez son más altas las exigencias de los pacientes con respecto a la estética y funcionalidad del tratamiento que se les realiza.

La aparición de las resinas compuestas revolucionó satisfactoriamente la odontología, no obstante, implicó nuevos retos para el odontólogo, debido a la sensibilidad de las técnicas actuales las cuales adicionan ciertas limitaciones al momento de realizar una restauración, lo que conlleva a efectuar maniobras para minimizar la posibilidad de aparición de estos defectos.

Entre las posibles causas de fracaso de una restauración se encuentra la microfiltración marginal, la cual puede causar sensibilidad postoperatoria y pigmentación marginal; con el fin de disminuir estas fallas se modificaron las propiedades de las resinas compuestas para lograr reducir la contracción por polimerización, fenómeno precursor de dichas fallas.

Así pues, se desarrollaron las resinas de baja contracción, entre las cuales incursionan en el mercado las resinas monoincrementales o bulk-fill las cuales proporcionan entre sus ventajas reducción del tiempo de trabajo ya que se colocan en un incremento único de hasta 4mm contrario a la

técnica incremental tradicional que consiste en incrementos de 2mm con la que se aplican las demás resinas compuestas.

Otro factor a tomar en cuenta como causa del fracaso de una restauración es la alteración del color de las resinas compuestas, de acuerdo a diferentes autores esta es una de las razones de reemplazo de una restauración dado que la estabilidad del color de una restauración a lo largo del tiempo puede indicar el éxito o fracaso de la misma y adicionalmente las variaciones de color no concuerdan con las expectativas estéticas de los pacientes. Dicha alteración del color puede ser por decoloración intrínseca, es decir, una alteración interna del color o pigmentación extrínseca, al estar expuesta a sustancias que tengan la capacidad de pigmentar el material.

Se han desarrollado diferentes pasos clínicos que contribuyen a garantizar el éxito de las restauraciones, entre estos se encuentra la técnica de sellado de la superficie, la cual consiste en aplicar una o varias capas de un material que funcione para tal fin con el objetivo de proteger la restauración de los posibles defectos clínicos antes mencionados. Es posible encontrar en el mercado diferentes selladores de superficie comerciales, sin embargo, en Venezuela el acceso a estos materiales se ve limitado desde el punto de vista económico y de disponibilidad.

El alto consumo mundial de sustancias con capacidad de pigmentar las resinas compuestas como es el caso del café, es un elemento que constituye un desafío constante para el odontólogo ya que obliga al profesional a desarrollar procedimientos que contrarresten esta habilidad para pigmentar que poseen diferentes sustancias de consumo cotidiano y que aseguren que el color de una restauración se mantenga en el tiempo.

En esta investigación se utilizó adhesivo convencional como agente sellador ya que es un material crucial en el protocolo clínico para la realización de una restauración estética, por consiguiente, está a disposición de todo odontólogo y sus propiedades químicas son similares a las de los selladores comerciales lo que permite suponer la efectividad en su uso como

sellador. También se incluyeron las resinas de química convencional a base de metacrilatos ya que su comportamiento es predecible, son de las más utilizadas en el ámbito odontológico y sirvieron para comparar la efectividad de las resinas monoincrementales o bulk-fill que son relativamente nuevas en el mercado.

La presente investigación consta de seis capítulos, el primer capítulo incluye el planteamiento del problema en el que se detalla la definición y contextualización del problema, el objetivo general, los objetivos específicos y la justificación. El segundo capítulo, explica el marco teórico y en él se describen los antecedentes de la investigación y las bases teórico-conceptuales. El tercer capítulo comprende el marco metodológico, el cual abarca el tipo y diseño de la investigación, variables, unidades de análisis, técnica e instrumento de recolección de datos, el procedimiento y el análisis de los datos. El cuarto capítulo incluye los resultados, el quinto la discusión y el sexto capítulo engloba la conclusión y las recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Definición y contextualización del problema

En la actualidad los tratamientos odontológicos de diferente índole se realizan tomando en cuenta todos los parámetros que permitan establecer o mantener la estética; ésta es la ciencia que trata la belleza y la armonía, su significado es sumamente subjetivo y relativo, ya que este se encuentra condicionado por diversos factores, lo cual determina que varíe según el individuo, grupos poblacionales y el contexto social³.

Desde su aparición, los materiales restauradores han sido mejorados constantemente lo que ha permitido la obtención de restauraciones óptimas y estables en cuanto a color y longevidad^{4,5}.

Entre estos materiales se encuentran las resinas compuestas o composites⁶ que son por definición una combinación tridimensional de por lo menos dos materiales químicamente diferentes, con una interfase distinta separando estos componentes⁷. Las resinas compuestas pueden ser distinguidas por sus diferencias en la formulación dependiendo de los particulares restaurativos para los que son requeridas, encontrando así sellantes, cementos, y materiales provisionales. Su semejanza radica en que todas están compuestas por una matriz polimérica, típicamente un dimetacrilato reforzando los rellenos, hechos con vidrio radiopaco, silano como agente de acoplamiento para unir el relleno a la matriz y químicos que promuevan o modulen la reacción de polimerización⁸. El monómero predominante y más usado ha sido Bis-GMA, el cual debido a su alta viscosidad, es mezclado con otros dimetacrilatos, como el TEGDMA, UDMA

u otros monómeros^{9,10}. Ha habido intentos de desarrollar sistemas con diferente polimerización, la mayoría de las resinas compuestas son activadas con luz, ya sea como un único iniciador de la polimerización o en una formulación de curado dual, que contenga un componente que sea curado químicamente. El sistema fotoiniciador más común es la canforoquinona, acelerado por una amina terciaria, comúnmente una aromática¹¹. Actualmente este es el material odontológico que se utiliza con mayor frecuencia para las restauraciones estéticas¹² debido a sus habilidades de adherirse a esmalte y dentina¹³ y asemejarse a la estructura dentaria en color y propiedades mecánicas^{14,15}. La composición de las resinas compuestas ha evolucionado significativamente desde que los materiales fueron introducidos en la odontología hace más de 50 años. Recientemente, los cambios más importantes han involucrado reforzar el relleno, el cual ha sido reducido en tamaño para producir materiales que sean más fácil y efectivamente pulidos y con una mayor resistencia al desgaste, ya que las resinas compuestas convencionales tenían partículas que excedían el micrómetro y tenían rellenos que estaban cerca o excedían el diámetro de un cabello humano; estos materiales con macromoléculas eran muy resistentes, pero difíciles de pulir e imposible de mantener una superficie lisa, lo que motivó la generación de estos cambios. Esto es específicamente necesario para materiales aplicados en el sector posterior, pero también para materiales aplicados en todas las áreas de la boca. Las mejoras en las propiedades mecánicas de las resinas compuestas así como el desarrollo de nuevas tecnologías para la fotopolimerización, han proporcionado una mayor seguridad clínica en las restauraciones directas e indirectas en los dientes posteriores¹⁶. Actualmente los cambios están más enfocados en la matriz polimérica del material, principalmente para desarrollar sistemas con baja contracción por polimerización⁸ ya que a pesar de sus ventajas, la contracción por polimerización y el estrés asociado a ésta, continua siendo una preocupación¹⁷, pues de este estrés por contracción

resultan eventos como la pérdida de adhesión o fracturas del esmalte, las cuales pueden afectar el sellado marginal, lo que se traduce en microfiltración la cual puede producir sensibilidad postoperatoria¹⁸ y pigmentación marginal^{12,19}.

Entre la serie de factores que influye en las fallas de las restauraciones estéticas, se puede resaltar la alteración en la estabilidad del color^{20,21}. Esto puede ser influenciado por agentes como el sistema fotoiniciador¹⁴, la matriz de la resina^{14,22,23,24}, la unidad de fotocurado utilizada para la polimerización, los tiempos de irradiación¹⁴, los monómeros de la resina^{24,25}, la ingesta de sustancias pigmentantes^{6,23,24,26-30}, como el café, bebida muy apetecida por sus características organolépticas, la cual posee una inmensa variedad de compuestos químicos responsables de su calidad sensorial y de sus efectos fisiológicos, como por ejemplo la cafeína, que es un estimulante reconocido del sistema nervioso central y que incide en el estado de alerta del individuo³¹; también influyen otros factores como fumar^{21,26}, la ingesta de algunos medicamentos y el llevar a cabo o no la técnica de cepillado a diario, lo que contribuye al desarrollo de pigmentaciones exógenas en restauraciones de resina compuesta²⁶. El color de los dientes y su apariencia natural tienen un rol decisivo en la distinción de lo que se considera estético y no estético en una sonrisa³². Es por ello que la pigmentación de estos materiales sigue siendo uno de los principales problemas^{15,33,22} en los estudios clínicos a largo plazo, debido a que es una de las razones más comunes para el reemplazo de una restauración^{6,12,23}. Basándose en esto, el efecto de la inmersión en el café se considera un procedimiento de prueba razonable para estimar la tendencia de los materiales a decolorarse, específicamente en materiales a base de resina, debido al alto potencial de tinción que posee esta bebida^{34, 35} y al amplio consumo de la misma a nivel mundial³¹.

La estabilidad del color ha sido considerada como uno de los factores más importantes al momento de seleccionar una resina compuesta para una

restauración estética³³. Diferentes autores concuerdan en que la evaluación de la estabilidad del color y despigmentación ha sido incluido como una de las medidas mayormente usadas para certificar el éxito o la falla de una restauración en la práctica clínica^{14,26-30}, ya que se puede catalogar una restauración como exitosa cuando se mantiene en su estado inicial a lo largo del tiempo^{23,40}. En una investigación realizada en el año 2009, se aplicó un cuestionario para evaluar 94 restauraciones de resina que debían ser reemplazadas, concluyendo en que la principal indicación para el cambio de una restauración en el sector posterior es la pigmentación marginal que puede estar relacionada con la presencia de caries⁴¹.

Es por ello que se han implementado en el mercado las resinas compuestas de baja contracción, las cuales entre sus propiedades disminuyen los defectos producidos por la contracción por polimerización⁴², contribuyendo a una disminución en la microfiltración marginal y los problemas clínicos que esta conlleva; algunas de estas son las resinas compuestas de química convencional a base de metacrilato y las de química modificada para técnica bulk-fill. En términos generales, las resinas de baja contracción presentan propiedades mecánicas comparables a las resinas derivadas de metacrilatos clínicamente bien aceptados⁴³. Las resinas compuestas de química convencional a base de metacrilato son implementadas con la técnica incremental aplicando capas de 2mm cada una, mientras que las resinas compuestas bulk-fill son aplicadas con la técnica descrita con el mismo nombre, en la cual se realiza un incremento único^{36,44} de hasta de 4mm^{45,46}. La diferencia entre ellos es la variación estructural de sus partículas la cual tiene un impacto directo en la regularidad de su superficie y su susceptibilidad a ser pigmentada por agentes externos^{13,47-49}.

Existen diferentes pasos clínicos en la realización de una restauración que determinan parte del éxito de la misma, tal como los procedimientos de acabado y pulido^{50,51,52,53}, independientemente de la técnica y el tipo de

material^{54,55}, pues esto reduce la pigmentación, la acumulación de biofilm y la inflamación gingival, mejorando las propiedades estéticas y la longevidad de la restauración⁵⁶.

Entre la diversidad de pasos clínicos se ubica la técnica de sellado de la superficie de la restauración^{21,57,58}. La aplicación de sellante en la superficie pudiera mejorar la calidad y éxito de la restauración^{10,58,59}, sin embargo es importante evaluar el comportamiento de este material cuando está sujeto a procesos de envejecimiento^{21,30,60}.

Un estudio evidenció la efectividad de la técnica de sellado en la disminución de la microfiltración en restauraciones⁶¹ con márgenes biselados³⁷.

En una investigación consultada, cuatro tipos de resinas compuestas Ormocer™ (Admira, VOCO Cuxhaven, Germany), resina empacable (Filtek™ P60, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA), nano híbrida (Grandio™) y microhíbrida (Filtek™ Z250, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA), fueron sometidas al método de envejecimiento acelerado llevándolos a una cámara de condensación frente una fuente de luz, durante un tiempo de exposición total de 58 horas (29 horas de luz) con un nivel de energía radiante total de 150 kJ / m² y luego pulidos con discos de pulido y sellados con BisCover LV™ (Bisco, Schaumburg, IL USA), un agente sellador que demostró mejorar la regularidad de la superficie y la resistencia a la pigmentación en las resinas compuestas en las cuales se implementó⁶²; otro método de envejecimiento es la inmersión en sustancias pigmentantes; en un estudio, Filtek™ Ultimate (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) fue la resina de elección para ser inmersa en un grupo de sustancias: jugo de naranja, amaranto, café y té negro⁶³, otra investigación empleó la inmersión de resinas compuestas en este caso nano-híbrida (Cavex Quadrant™) y micro híbrida (Clearfil™ AP-X) en bebidas energéticas (Buzzer® y Powerade®) durante diferentes periodos, con el fin de evaluar la estabilidad del color y su resistencia a la pigmentación⁶⁴.

Algunos autores que han empleado la técnica de sellado en sus investigaciones varían el protocolo de acuerdo a la marca comercial del sellador y las recomendaciones para su uso. En una investigación consultada se empleó el sellador BisCover LV™ (Bisco) para evaluar su acción ante la pigmentación, éste fue aplicado directamente a la restauración y posteriormente fotopolimerizado, se concluyó que las restauraciones que fueron selladas tuvieron menores cambios en la coloración ⁶², otro sellador, Fortify™ (Bisco) se aplicó sobre la restauración luego de acondicionar la misma con ácido fosfórico al 37% y posteriormente se fotopolimerizó³⁷, en otro estudio se incluyeron diferentes selladores de superficie (Fortify™, Fortify Plus™ y G-Coat Plus™) y se demostró la efectividad del uso de sellador para disminuir la microfiltración en los márgenes del esmalte⁶¹.

A pesar de los resultados favorables que se obtuvieron en algunos estudios en los cuales se empleó el uso de selladores para disminuir la microfiltración y la pigmentación de las resinas compuestas, no se han encontrado estudios donde se aplique la técnica de sellado con adhesivo convencional como agente sellador para determinar la estabilidad del color en resinas compuestas de baja contracción sumergidas en café. Los sistemas adhesivos convencionales son biomateriales cruciales en el protocolo clínico para la realización de una restauración estética⁶⁵; estos tienen como objetivo: preservar mayor estructura dentaria, obtener retención óptima y duradera y prevenir microfiltraciones⁷, además de que innovó los conceptos de preparación cavitaria⁶⁶. Diferentes adhesivos han sido propuestos recientemente para prolongar la longevidad de las restauraciones y así reducir los pasos clínicos, evitar errores y mejorar la estabilidad de la adhesión.

Es por esto que el presente trabajo especial de grado busca determinar la efectividad de la técnica de sellado utilizando un sistema adhesivo convencional en lugar de selladores comerciales ante la pigmentación por

café en tres resinas compuestas de baja contracción incluida la resina bulk-fill.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Determinar la estabilidad del color de tres resinas compuestas de baja contracción al ser sometidas a pigmentación por café, cuando se aplica la técnica de sellado de la superficie.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la estabilidad del color de los grupos experimentales de resinas compuestas en 4 momentos (pre- pigmentado, pigmentado con café 7, 14 y 28 días de inmersión).
- Establecer diferencias en la estabilidad del color entre los grupos de resinas compuestas.
- Estimar el efecto del sellado en la estabilidad del color de las tres resinas compuestas de baja contracción posterior a la pigmentación por café.
- Establecer diferencias en la estabilidad del color entre los grupos en los diferentes momentos.

1.3 Justificación

Al ser las resinas compuestas utilizadas en técnica bulk-fill o monoincremental una opción innovadora en el ámbito de las restauraciones estéticas, se requiere determinar la estabilidad del color al interactuar con sustancias pigmentantes durante un tiempo prolongado; ya que su uso sigue siendo controversial debido a la carencia de evidencia científica respecto a su efectividad; es importante mencionar la relevancia de incluir las resinas de química convencional a base de metacrilato ya que han sido extensamente estudiadas, son de las más utilizadas en el ámbito odontológico y no se han encontrado estudios en los cuales se determine la efectividad de la técnica de sellado empleando adhesivo convencional en este tipo de resinas compuestas.

La constante innovación en materiales dentales y en procedimientos clínicos va destinada a la disminución de los tiempos de trabajo, la facilitación de la actividad clínica y a la búsqueda de una mayor efectividad y corrección de las fallas de los procedimientos ya establecidos.

A pesar de las ventajas que proporcionan las técnicas convencionales, estas adicionan pasos operatorios a una técnica restauradora compleja en su totalidad tal como es el caso de la técnica incremental, la cual prolonga el tiempo de trabajo, además de que se requiere el fotocurado individual de cada una de dichas capas, dejando abierta la posibilidad de creación de burbujas de aire y contaminación entre cada una de ellas³⁶.

Es por ello que se incluyen las resinas compuestas para técnica bulk-fill o monoincremental, las cuales han sido creadas con la finalidad de disminuir estas desventajas y han demostrado valores positivos para su uso clínico facilitando así el trabajo del odontólogo y la comodidad del paciente durante la atención dental³⁸.

Sin importar el tipo de resina compuesta, la pigmentación de estas sigue siendo uno de los principales problemas en los estudios clínicos a largo plazo, esta es una de las razones más comunes para el reemplazo de una restauración y debido a esta desventaja la estabilidad del color ha sido considerada como uno de los factores más importantes al momento de seleccionar una resina compuesta para una restauración. Diferentes autores concuerdan en que la evaluación de la estabilidad del color y despigmentación ha sido incluido como una de las medidas comúnmente usadas para ratificar el éxito o la falla de una restauración en la práctica clínica^{13,14,47,48,67}.

La sonrisa es considerada una de las herramientas más importantes que utiliza una persona para comunicarse³⁹ por lo tanto hoy en día los pacientes solicitan restauraciones estéticas ya sea en sector anterior o posterior^{29,68}; esto implica un reto para el odontólogo tomando en cuenta que la alta ingesta de sustancias pigmentantes en la sociedad como es el caso del café, influye en la longevidad de los aspectos estéticos de las restauraciones. El consumo mundial de café, sigue mostrando un crecimiento dinámico. Según la organización internacional del café las proyecciones futuras del consumo mundial del café, estiman un alza sostenida hasta el 2020, donde se espera un consumo de 175 millones de sacos de 60kg; aunado a esto, diversos estudios indican que el café es la sustancia que causa mayor pigmentación en las resinas^{13,14,26,36}. Por otro lado la falta de estabilidad del color de la restauración también es un indicativo de una falla clínica y funcional de la misma.

Existen diferentes procedimientos clínicos que podrían favorecer la longevidad del color de una restauración es por esto que el presente estudio plantea determinar la efectividad de la técnica de sellado empleando adhesivo convencional para evaluar la estabilidad del color utilizando la inmersión en café como medio de envejecimiento, ya que es de fácil acceso, ha sido utilizada en investigaciones previas y ya se ha comprobado en

diversos estudios que es una de las sustancias que causa mayor pigmentación en las resinas compuestas. Se plantea el uso de adhesivo convencional ya que posee una composición similar a los agentes selladores de superficie y los principios teóricos de la técnica permiten suponer que este material podría resultar efectivo en la disminución de la susceptibilidad de las resinas compuestas a la pigmentación por café, además de que es un material de uso cotidiano y con precios considerablemente bajos en comparación con los materiales que se catalogan propiamente como selladores en la actualidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Dentro del presente capítulo se tendrán en cuenta aspectos teóricos fundamentales para el estudio, por lo que a continuación se incluye una serie de estudios previos que guardan relación con la presente investigación; con estudios comprendidos entre el año 2003 y el año 2017 durante los cuales se realizaron una serie de estudios a resinas compuestas con el fin de evaluar la estabilidad del color, en el caso del primer grupo de investigaciones, sumergiendo dichas resinas en sustancias pigmentantes y aplicando la técnica de sellado de la superficie, luego se incluyen estudios en los cuales se evalúa la estabilidad del color y se aplica la técnica de sellado sin sumergir los grupos en sustancias pigmentantes, seguido de investigaciones donde se aplica la técnica de sellado en restauraciones con resina compuesta con el fin de determinar su efectividad en aspectos diferentes a la estabilidad del color, continuando con los estudios en los que se evalúa la estabilidad del color en diferentes resinas compuestas expuestas a sustancias pigmentantes y para culminar se menciona un estudio que habla de los criterios en los cuales se basan los clínicos para reemplazar una restauración entre los cuales se incluye la pigmentación de una restauración de resina compuesta.

A continuación se presenta una serie de estudios en los cuales se evalúa la estabilidad del color de diferentes resinas compuestas sumergidas en sustancias pigmentantes en las cuales se aplicó la técnica de sellado de la superficie.

Doray y cols., en el año 2003 realizaron un estudio con el fin de determinar el efecto que tenían los selladores de superficie en la resistencia a la pigmentación de materiales provisionales a base de resina compuesta. En su estudio la muestra compuesta por discos de resina compuesta fue dividida en 4 grupos para recibir una capa de sellador Fortify Plus™ (Bisco, Inc., Schaumburg, IL), Jet Seal™ (Lang Dental Manufacturing, Wheeling, IL) Triad LC™ (Dentsply International, York, PA, USA) y un grupo al que no se le aplicó sellador de superficie. Posteriormente fueron sumergidas en agua como solución control, café, jugo de arándano y vino tinto durante 72 horas. El color fue medido al inicio y al finalizar el tiempo de inmersión con el sistema de color CIEL*a*b haciendo uso de un espectrofotómetro. Los resultados reflejaron diferencias estadísticamente significativas entre un sellador y otro, mostrando así que los especímenes sellados con Fortify Plus™ presentaron aumento en la pigmentación y los sellados con Jet Seal™ y Triad LC™ disminución de la pigmentación en el grupo inmerso en jugo de arándano y café, esto en comparación con los especímenes no sellados. También se mostró que el grupo sellado con Jet Seal™ fue el único que presentó resistencia a la pigmentación por vino tinto. En base a esto, los autores concluyeron que los especímenes a los cuales no se les aplicó un sellador de superficie presentaron cambios de color estadísticamente altos y perceptibles o casi perceptibles; que los especímenes sellados con Jet Seal™ y Triad LC™ presentaron un cambio de color estadísticamente bajo comparados con los no sellados sumergidos en las sustancias pigmentantes utilizadas en el estudio. El sellador hizo que las pigmentaciones no fueran visibles, sin embargo tanto los especímenes sellados como los no sellados que fueron sumergidos en vino tinto presentaron un cambio de coloración casi perceptible. Por otra parte, el grupo sellado con Fortify Plus™ que fue inmerso en jugo de arándano y café, presentó cambios de color estadísticamente más altos que el grupo sin sellador inmerso en las mismas sustancias y el grupo con Fortify Plus™ presentó una variación del color

estadísticamente similar a los especímenes sin sellador inmersos en vino tinto⁵⁹.

Fujita M. y cols., en el año 2006 llevaron a cabo un estudio con el objetivo de comparar los efectos pigmentantes de tres bebidas sobre un nuevo material estético de recubrimiento en dos tipos de resinas con y sin capa superior, en un ambiente oral simulado por saliva artificial conteniendo una concentración clínicamente relevante de mucina. La muestra constó de una resina compuesta fluida (Flow Line™), una híbrida (Clearfil APX™). El material de recubrimiento a base de polímero (White Coat™) contenía una solución de imprimación o primer, una capa base y capa tope. El primer del material (White Coat™) era de autograbado para el pre-tratamiento del esmalte, la capa base era una resina de fotocurado mientras que la capa tope era un esmalte, sellante de superficie, también de fotocurado. Se utilizaron soluciones pigmentantes simuladoras de comida (té verde, café y vino tinto). Previo a la exposición, el color de todos los grupos de muestras se midió con un colorímetro (OFC-300A, Nippon Denshoku, Tokio, Japón) utilizando la escala CIEL*a*b* contra un fondo blanco. Las muestras fueron sometidas a un ciclo de 24 horas de inmersión, el cual consistía en sumergir las muestras en un periodo de 7 horas en café, té verde o vino tinto y 17 horas en una solución de saliva artificial con 0.3% de mucina. Después de 24 horas, 3 días, 1, 2 y 4 semanas de inmersión fueron medidos los cambios de color en las muestras. Los resultados arrojaron que hubo cambios del color en todos los grupos pero menos significativos en aquellos donde fue aplicado el recubrimiento tope. Se concluyó así que al utilizar este material (White coat™) la capa base debe ser totalmente cubierta por una fina capa tope ya que la aplicación de esta capa final influye en el mejor desempeño del material disminuyendo así la pigmentación de la restauración⁵⁷.

En el 2016 Borges L. y cols., desarrollaron un estudio en el que se evaluó la influencia del uso de sellador de superficie (Biscover LV™) en la estabilidad del color de 2 resinas compuestas diferentes (Filtek™ Z250

microhíbrida y Filtek™ Z350 XT de nanorelleno) después de la inmersión en café. Se crearon cuatro grupos: resina microhíbrida sin sellador, microhíbrida con sellador de superficie, resina de nanorelleno sin sellador y resina de nanorelleno con sellador de superficie. La mitad de los especímenes de cada grupo se sumergieron en agua destilada y la otra mitad se sumergió en café durante 48 horas. El color se midió antes y después de la inmersión a través de un espectrofotómetro. Los grupos con sellador de superficie presentaron menor variación de color en comparación con los grupos sin sellador de superficie. Las muestras de resina de nanorelleno (Filtek™ Z350 XT) presentaron la mayor variación de color dentro de los grupos sin sellador. El sellador de superficie influyó positivamente en la estabilidad del color de las muestras de resina compuesta sumergidas en el café. Cuando el sellador de superficie no se aplicó, las muestras de microhíbridos tenían una mejor estabilidad del color que las de nanorelleno, concluyendo así que la característica de la resina influye directamente sobre la estabilidad del color, indiferentemente de que se use sellador o no y sin importar la sustancia pigmentante con la que interactúe¹⁰.

Penazzo L. y Guenka R., en 2014 evaluaron la influencia del sellante de superficie (Fortify™ Bisco) sobre la estabilidad del color de una resina compuesta (Charisma 3M ESPE™) inmersa en diferentes bebidas. Para llevar a cabo el estudio prepararon 10 especímenes de resina con 10 mm de diámetro por 2mm de profundidad, para cada bebida, las cuales fueron refresco, café, té y saliva artificial para el grupo control; los especímenes fueron divididos en 2 grupos (con y sin sellante de superficie) y luego subdivididos en 4 subgrupos, uno para cada solución. El sellante fue colocado siguiendo las instrucciones de la casa fabricante. El protocolo adoptado para simular el alto consumo de las bebidas fue inicialmente poner los especímenes en saliva artificial durante 24 horas, luego colocarlos en 50 ml de solución moverlos durante 5 minutos y luego devolverlos a la saliva artificial, después de 4 horas en saliva, fueron llevados de nuevo a 50 ml de

solución, se movieron durante 5 minutos y luego devueltos a la saliva artificial, terminando el ciclo. Este procedimiento fue repetido durante 90 días. Los análisis del cambio de color fueron hechos a través de un espectrofotómetro y una prueba de ANOVA de dos vías; El test de Tukey se utilizó para distinguir los promedios de diferentes grupos y para estudiar su interacción. En las soluciones el café fue el que promovió el más alto cambio de color, seguido del té y luego del refresco; no hubo diferencia significativa entre los grupos que tenían sellador y los que no, concluyendo que la colocación de sellante de superficie resultó no brindar protección ante la alteración del color y que el café fue la solución que más oscureció los especímenes²¹.

En el 2015, Saygi y cols., investigaron la influencia de la aplicación de sellador de superficie en la resistencia a la pigmentación de resinas compuestas nanohíbridas y lo compararon con la eficacia de un agente adhesivo utilizado como sellador de superficie en la prolongación de la estabilidad del color de resinas compuestas. Se preparó una muestra de 28 discos de resina nanohibrida, Filtek™ Z350 los cuales se dividieron en cuatro grupos: no sellados, sellados con Adper Single Bond 2™, con Fortify™ y con Biscover LV™; los grupos que iban a ser sellados con algún agente fueron previamente acondicionados con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos para luego seguir con la aplicación de los diferentes agentes en la superficie de cada espécimen²³, específicamente el Adper Single Bond 2™ de interés para la presente investigación fue aplicado con el siguiente protocolo: acondicionamiento ácido durante 15 seg., lavado de la superficie, aplicación de aire sobre la superficie para secarla, aplicación de una fina capa del adhesivo la cual fue suavemente rociada con aire y luego fotopolimerizada por 20 segundos con una lámpara halógena; seguidamente se mantuvo cada muestra en agua destilada a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas para completar la polimerización y luego fueron termociclados para posteriormente ser inmersos en café tres veces al día durante 15 minutos a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$. Entre los

períodos de inmersión, los especímenes se mantuvieron en agua destilada. El régimen de inmersión se mantuvo por 4 semanas. Las mediciones del color se realizaron con un espectrofotómetro de acuerdo al sistema CIEL*a*b al finalizar cada una de las tres semanas durante las cuales se llevo a cabo el estudio. Los resultados reflejaron que a la primera semana, todos los grupos mostraban decoloración clínicamente perceptible, excepto el grupo sellado con Biscover LV™. A pesar de que había un grupo no sellado, el grupo en el que se aplicó Fortify™ presentó la mayor decoloración. En la segunda semana, Fortify™ tenía la mayor decoloración comparado con el resto de los grupos y cada grupo tenía valores más altos de cambio de coloración que en la primera semana. Los grupos no sellados y los sellados con Fortify™ presentaron una decoloración estadísticamente significativa comparada con los demás grupos. Al final de la cuarta semana, la decoloración entre los grupos no siguió el mismo patrón que en las semanas previas. El grupo sellado con Adper Single Bond 2™ mostró la mayor decoloración entre los grupos a los que se les aplicó algún agente sellador de superficie, con diferencias no significativas entre el grupo no sellado y el sellado con Fortify™. Por otra parte el grupo sellado con Biscover LV™ presentó una decoloración significativamente menor que todos los grupos medidos excepto por el grupo sellado con Fortify™. Se concluyó que las resinas selladas con un agente adhesivo como el Adper Single bond™, mostraron una alta resistencia a la pigmentación luego de dos semanas de inmersión en café, sin embargo mayores periodos de inmersión podrían causar alteración en el color tal como en los especímenes donde no se aplicó sellador. Aún cuando los grupos con selladores de superficie mostraron mayor resistencia a la pigmentación comparados con el grupo control, todos mostraron variación en su color, adicionalmente los autores remarcan lo limitados que son los conocimientos con respecto al efecto de los selladores de superficie en la actualidad e indican que mas estudios deben ser

realizados antes de recomendar el uso de estos materiales sobre las restauraciones de resina²³.

En el año 2016, Miotti y cols., llevaron a cabo un estudio en el cual evaluaron la influencia de diferentes medios de inmersión y tratamientos de superficie en la estabilidad del color de material de restauración a base de resina. Para ello se prepararon 30 discos de resina microhíbrida Filtek™ Z250 (3M ESPE) los cuales se dividieron en tres grupos: sin pulido, pulidos con discos abrasivos y los que tenían sellador de superficie (Biscover LV™). La mitad de la muestra fue parcialmente inmersa, es decir solo su superficie superior fue expuesta a la pigmentación y la otra mitad fue completamente inmersa en café por 48 horas. Se utilizó la escala de color CIEL*a*b haciendo uso de un espectrofotómetro para evaluar la variación del color. Este estudio mostró en sus resultados que los especímenes sumergidos parcialmente presentaron menor variación en el color en comparación con los especímenes que fueron inmersos por completo y que los especímenes a los cuales se les aplicó un sellante de superficie fueron los que presentaron a su vez, menor pigmentación. Los autores concluyeron que los especímenes totalmente inmersos en sustancias pigmentantes, en cierto modo sobreestiman el cambio de color ya que en la mayoría de condiciones clínicas no todas las superficies de la restauración están expuestas al ambiente bucal. Por otra parte, la aplicación del sellador de superficie produce variaciones del color que son clínicamente aceptables y debería ser utilizado en restauraciones estéticas como tratamiento adjunto⁵⁸.

En el año 2016, Dogu D. y cols., realizaron un estudio in vitro cuyo propósito era evaluar el efecto de los agentes sellantes de superficie sobre la dureza de la superficie de la restauración y la estabilidad del color de cuatro resinas compuestas nanohíbridas. Para lograrlo, realizaron 40 discos de resina Z550™, Tetric EvoCeram™, Clearfill Majesty™ y Ice™, éstas a su vez fueron divididas en cuatro grupos: uno de pulido convencional como grupo control y tres de acuerdo a los diferentes agentes sellantes de superficie a

utilizar: Palaseal™, Optiglaze™ y Biscover™. Los especímenes fueron termociclados, los niveles de dureza de la superficie fueron medidos con un perfilómetro y se obtuvieron imágenes a través de un microscopio electrónico. La muestra fue inmersa en café durante 7 días y se evaluó el color de acuerdo al sistema CIEL*a*b a través de un espectrofotómetro. Los resultados indicaron que el tratamiento de superficie aplicado afectó los valores de dureza de la superficie y que la interacción entre el tratamiento de superficie y el material de resina compuesta también fue significativa para los valores del color. El grupo que fue sellado con Palaseal™, mostró una disminución significativa de los valores de dureza, excepto en el grupo de resina Ice™, en comparación con el grupo control. Las imágenes del microscopio electrónico revelaron superficies más ásperas en el grupo con pulido convencional que en el resto de los grupos y el grupo con pulido convencional mostró la mayor variación del color en cada grupo de resina, excepto por el grupo de resina Clearfill Majesty™ a la cual se le aplicó Biscover™. En conclusión, el uso del agente sellante de superficie Palaseal™ produjo superficies más lisas en todas las resinas probadas excepto en la resina Ice™; todos los agentes sellantes contribuyeron a una menor pigmentación de las resinas nanohíbridas incluidas en este estudio luego de ser sometidas a la pigmentación con café comparadas con el grupo con pulido convencional sin sellador de superficie, excepto por el grupo de resina Clearfill Majesty™ sellada con el material Biscover™ la cual presentó cambios de coloración no aceptables⁵³.

Estudio en el cual se evalúa la estabilidad del color en resinas compuestas aplicando la técnica de sellado de la superficie:

En el año 2013 SirinKaraarslan y cols., hacen uso del sellante de superficie en un estudio cuyo objetivo era evaluar el efecto de los procedimientos de pulido en la estabilidad del color de diferentes tipos de resinas compuestas sometidas a envejecimiento. La muestra constaba de 40 discos de resina, tipoOrmocer (Admira™, VOCO Cuxhaven, Germany),

empacable (Filtek™ P60, 3M ESPE), nano híbrida (Grandio™) y microhíbrida (Filtek™ Z250, 3M ESPE), 10 discos por cada grupo de resina compuesta, agrupados de acuerdo al método de pulido en: grupo control, pulidos con discos, con ruedas de pulido y con sellante de superficie BisCover LV™ (Bisco). Los parámetros del color fueron medidos con un espectrofotómetro antes y después del envejecimiento acelerado, procedimiento para el cual se utilizó una cámara de condensación frente una fuente de luz, con un tiempo total de exposición de 58 horas. Se utilizó el sistema CIEL*a*b* para describir el color; mientras que la rugosidad de la superficie se evaluó haciendo uso de un perfilómetro (Surftest Analyzer, Mitutoyo, Tokyo, Japan). La estabilidad del color se analizó con las pruebas ANOVA y HSD de Tukey y la rugosidad de la superficie con pruebas T de muestras pareadas. Seguidamente se observó la superficie de cada muestra con un microscopio electrónico. Posteriormente los datos recogidos fueron analizados con el programa estadístico SPSS 13. El grupo que fue sellado presentó el menor cambio de coloración, entre ellos las resinas compuestas microhíbridas presentaron el menor valor, mientras que los ormocer reflejaron el mayor cambio. Se observó una disminución de la rugosidad de la superficie en todos los tipos de resinas compuestas luego del envejecimiento. Se concluyó que todas las resinas presentaron cambios de color, siendo el grupo de resinas selladas el que tuvo menores cambios de coloración⁶².

Estudios en los cuales se aplica la técnica de sellado de superficie en restauraciones con resina compuesta:

Sibel A. Antonson y cols., en 2012 realizaron una investigación acerca del efecto del sellado de la superficie de la restauración ante la microfiltración de resinas compuestas en relación con el diseño marginal de la preparación y tipo de resina, para así determinar que vínculo había entre el diseño marginal de la preparación y el tipo de resina con o sin la aplicación de un sellante de superficie. La muestra estuvo conformada por 128 molares humanos extraídos a los cuales se les realizaron restauraciones Clase I, a la

mitad se le realizó diseño de margen biselado y a la otra mitad diseño de margen abrupto. La mitad de cada grupo fue restaurada con Filtek™ Supreme (FS) y la otra mitad con Esthet-X™ (EX), usando sus respectivos sistemas adhesivos. Los márgenes fueron grabados y sellados con un sellante de superficie, Fortify™. La muestras fueron almacenadas en agua por 24 horas y termocicladas (5,000 ciclos, 5°C-55°C). Después, las muestras fueron desgastadas usando un simulador de cepillo (6000 veces). La mitad de las restauraciones de cada grupo sellado, fueron reselladas, la otra mitad se dejó con solo una capa de sellador y se repitió el termociclado y el cepillado. Las muestras fueron selladas con esmalte de uñas, inmersas en azul de metileno por 8 horas, seccionadas y se tomaron fotografías digitales magnificadas. Los resultados arrojaron que no se observó diferencia entre sellado y resellado de las restauraciones con FS y con EX de márgenes abruptos. En los márgenes biselados, el resellado tuvo menor microfiltración. No se encontraron diferencias entre restauraciones, ya sea selladas o reselladas con márgenes biselados. En las de margen abrupto, el resellado en las FS mostró menos microfiltración que en las EX reselladas. Por lo tanto se concluyó que si existe relación estadística significativa entre y con el resellado, el diseño de los márgenes en la preparación, tipo de resina compuesta y microfiltración, ya que el resellado redujo la microfiltración en márgenes biselados, sin embargo, en los diseños de margen abrupto el resellado no afectó la filtración³⁷.

En el año 2016 Hepdeniz y cols., realizaron un estudio similar al de Sibel A. Antonson y cols.³⁷, el cual tenía como fin evaluar la microfiltración en este caso en restauraciones clase V de resinas compuestas con y sin la aplicación de sellantes de superficie con diferente contenido de relleno; para ello prepararon cavidades clase V en las superficies bucales y linguales de terceros molares extraídos. Las cavidades fueron restauradas con el sistema adhesivo de autograbado (Clearfil SE Bond™, Kuraray, Tokyo, Japan) y con un incremento único de resina (Clearfil Majesty ES-2™, Kuraray, Tokyo,

Japan). Los dientes fueron almacenados en agua destilada a 37°C durante 24 horas antes de realizar el acabado y pulido y separados en cuatro grupos de acuerdo al sellante a usar (Grupo control, grupo sellado con Fortify™, con Fortify Plus™ y con G-Coat Plus™). Los dientes fueron termociclados (500 ciclos, 5-55°C), inmersos en fucsina básica y seccionados, posteriormente se utilizó un estereomicroscopio para analizar la penetración del colorante. Los datos fueron analizados estadísticamente en los programas Krustal-Wallis y Bonferroni-Dunn. Los resultados indicaron que hubo mínima filtración en los márgenes de las restauraciones de todos los grupos y que los grupos sellados con Fortify™ y G-Coat Plus™ mostraron una menor filtración con respecto al grupo control y al grupo sellado con Fortify Plus™ en márgenes de dentina y en las superficies linguales. Los autores concluyeron que los sellantes utilizados eliminaron la microfiltración en márgenes de esmalte⁶¹.

En el siguiente apartado se incluyen estudios en los cuales se evalúa la estabilidad del color en diferentes resinas compuestas expuestas a sustancias pigmentantes:

Ertas y cols., en el año 2006 realizaron un estudio con el propósito de evaluar la decoloración de 5 resinas compuestas ante la exposición a 5 diferentes bebidas. La muestra constó de una resina para el sector posterior (Filtek™ P60), dos resinas universales (Filtek™ Z250 y Quadrant LC™) y dos resinas nanohíbridas (Grandio™ y Filtek™ Supreme), como agentes pigmentantes se seleccionaron las siguientes bebidas: agua destilada, café, té, vino tinto y cola y se realizó la inmersión durante 24 horas. El color de todos los grupos de especímenes fue medido antes de la inmersión con un colorímetro (Minolta CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan) usando CIEL*a*b como escala de referencia. Se utilizó ANOVA para el análisis estadístico. Los resultados indican que no se observaron diferencias específicas entre las resinas compuestas Filtek™ P60 y Filtek™ Z250, aunque estos grupos demostraron cambio de color, estos fueron significativamente menores que en las resinas nanohíbridas (Grandio™ y Filtek™ Supreme) y que en la resina

universal (Quadrant LC™), por lo que las diferencias de cambios de color entre estos tres últimos no fueron significativas. En conclusión las resinas Filtek™ P60 y Filtek™ Z250 las cuales no contienen TEGDMA en su composición tuvieron mayor estabilidad del color ante la pigmentación en comparación a las resinas que si contenían TEGDMA como Filtek™ Supreme, Grandio™ y Quadrant LC™, lo que da a evidenciar que el TEGDMA es el responsable de la decoloración debido a su característica hidrofílica. El cambio del color de las resinas fue visualmente perceptible, así como inaceptable clínicamente luego de la inmersión en té, café y vino tinto en todos los casos²⁵.

En 2008 un estudio por parte de Inamura y cols., sobre el efecto que tiene el tipo de relleno y pulido en la pigmentación de la resina compuesta en dientes artificiales, tuvo como objetivo inspeccionar la diferencia de color y translucidez de la resina compuesta en dientes artificiales después de la exposición a ciertos agentes pigmentantes. Para la muestra se realizó una resina de polimerización térmica experimental basada en la formulación de un diente artificial de resina compuesta comercial y se utilizaron tres tipos de relleno para la preparación de la resina compuesta experimental: nano partículas sin silanización, nano partículas con silanización y partículas aplastadas prepolimerizadas de sílice con tri-metilol-propano-trimetacrilato y una resina con una matriz sin relleno como grupo control. La observación se hizo a través de un microscopio electrónico de barrido y para la medición del color se utilizó la escala CIEL*a*b* junto con un test ANOVA y Tukey para la estadística. Los resultados mostraron que el cambio de color en los especímenes después de una semana de inmersión en café, vino tinto y solución de curry son reconocidos a simple vista y que la resina compuesta artificial tiene mejor resistencia a la decoloración cuando tiene relleno silanizado en su compuesto, mientras que el pulido no influenció en la despigmentación⁶⁹.

Fontes S, y cols., investigaron en el año 2009 la estabilidad del color de una resina con nanorelleno (Filtek™ Z350) y el efecto que tienen sobre esta los diferentes tipos de inmersión. La muestra fue de 12 especímenes de resina hechos con un molde cilíndrico de 1mm de grosor y 10mm de diámetro, estos fueron fotocurados por 40seg desde ambos lados usando una luz LED y fueron aleatorizados en 4 grupos de 3 de acuerdo a los medios de inmersión: café, mate yerba, jugo de uva, y agua (como control). Se utilizó un espectrofotómetro digital para evaluar los cambios del color desde el momento inicial y una semana después de haber sido sumergidos a cada sustancia. Los especímenes fueron almacenados en los diferentes medios pigmentantes por 4 horas al día durante 1 semana. Para la estadística se usó el test ANOVA complementado por el test de Tukey. Los resultados arrojaron que después de 1 semana de inmersión, era perceptible un cambio para cada grupo almacenado en el jugo de uva, comparado a la medición inicial. El café y el mate yerba no mostraron ningún cambio visible al ojo humano o significativamente diferente al del grupo control. Concluyendo así que la resina de nanorelleno utilizada es susceptible al cambio de color debido a las sustancias presentes en el jugo de uva. Se debe mencionar que ya que las soluciones ensayadas en este estudio no representan todas las sustancias a las que los materiales de restauración pueden estar expuestos en el medio oral, son necesarios estudios adicionales para investigar la estabilidad de color de materiales compuestos a base de resinas expuestos a otras sustancias⁷⁰.

En el mismo año, Topcu y cols., estudiaron la influencia que tienen diferentes bebidas sobre la estabilidad del color de resinas compuestas, con el objetivo de evaluar los efectos de bebidas de consumo habitual como el jugo de limón granulado, café sin azúcar, coca cola®, jugo de cereza agria, jugo de zanahoria, vino tinto, saliva artificial y agua destilada sobre estas resinas. Para ello se llevó a cabo un experimento en el cual se realizó una muestra de 160 discos de resina Filtek™ Z250 (3M ESPE), Filtek™ Supreme

(3M ESPE), Quadrant™ (Cavex) y Charisma™ (Heraeus-Kulzer), 40 discos de cada tipo de resina, los cuales fueron inmersos en cada una de las sustancias pigmentantes y en agua destilada como sustancia control. Se realizó la medición del color antes y después de 24 horas de inmersión utilizando un espectrofotómetro y el sistema CIEL*a*b. Se determinó que la resina Filtek™ Supreme fue la que mostró significativamente el menor cambio de color debido a sus tamaños de nanopartículas y la Filtek™ Z250 la que presentó mayor variación con respecto a su color inicial. Llegando así a la conclusión de que las resinas compuestas y las bebidas son factores que pueden afectar la estabilidad del color. Después de un día de inmersión, todos los materiales mostraron cambios visibles, el vino tinto y el café causaron la mayor pigmentación en comparación con las demás sustancias y el vino tinto causó la mayor pigmentación en tres de las cuatro resinas estudiadas²⁷.

Otro estudio que incluye el café como sustancia pigmentante es el realizado en el año 2009 por Mior y cols., en el cual se comparó la resistencia a la pigmentación de 2 tipos de resinas compuestas Filtek™ Z250 (3M ESPE) y Amaris™ (VOCO) utilizando 30 muestras por cada una, las cuales fueron empacadas en pitillos para bebidas antes de ser fotocuradas y seccionadas, luego fueron pulidas con discos Sof-lex de 3M ESPE, grano medio, fino y superfino y almacenadas en agua destilada a 37°C por 24 horas y les realizaron una medición base. Luego de este procedimiento, las muestras de cada grupo fueron sumergidas en café por 2 horas, 1 día, 2 días, 3 días y 4 días. Las medidas fueron evaluadas visualmente y grabadas usando Lobene (1968) índice de manchas que se basa en cuatro mediciones: 0=Sin mancha, 1=Ligera Mancha (amarilla, marrón clara, o gris), 2=Mancha moderada (marrón), 3=Mancha severa (marrón oscuro a negro), para esta evaluación, cada ejemplar fue medido por dos investigadores y el análisis numérico se hizo mediante un test T independiente. Los autores concluyeron que la coloración presente en las muestras no fue

estadísticamente significativa en los periodos evaluados en este estudio, pero que aumentaba gradualmente a medida que transcurría el tiempo. Además, concluyeron que ambas resinas tienen una estabilidad de color similar y que no existen diferencias significativas entre ellas⁷¹.

En el 2011, Dos Santos y cols., realizaron un estudio cuyo objetivo era evaluar la influencia de las fuentes de luz y los medios de inmersión en la estabilidad del color de resinas compuestas de nanorelleno. Para ello, utilizaron unidades de luz halógena convencional, halógena de alta densidad de potencia y unidades de diodos emisores de luz (LED) de alta densidad de potencia. Hubo cuatro medios de inmersión: Café, té, coca cola® y saliva artificial. Se preparó un total de 180 especímenes utilizando resina de nanorelleno Filtek™ Supreme XT (3M ESPE), los cuales fueron inmersos en saliva artificial durante 24 horas cuyo color inicial fue medido con un espectrofotómetro de acuerdo al sistema CIEL*a*b. Posteriormente la muestra fue inmersa durante 60 días en las 4 sustancias pigmentantes. Se recolectaron datos con respecto al cambio de color y la luminosidad de cada espécimen a las 24 horas de inmersión en saliva artificial y a las 24 horas, 48 horas, 7 días, 14 días, 21 días, 30 días y 60 días de inmersión en las diferentes sustancias pigmentantes. Los resultados reflejaron que las unidades LED y las unidades de luz halógena producen estabilidad del color similar en las resinas donde fueron probadas y que el café fue la sustancia que mostró tener mayor influencia en la estabilidad del color de las resinas estudiadas. En este estudio se concluyó que no hubo diferencias significativas en la estabilidad del color independientemente de la fuente de luz utilizada y que el café fue el medio de inmersión que provocó mayores cambios de coloración en las resinas compuestas involucradas¹³.

Ese mismo año se realizó un estudio por parte de Mundim, García y Pires-de-Souza, sobre el efecto de sustancias pigmentantes y del repulido en la estabilidad del color de resinas de uso directo, con el objetivo de evaluar el cambio de color de tres tipos de resinas compuestas ante el café y la Coca-

Cola® y el efecto del repulido en la estabilidad de esas resinas después de ser pigmentadas. Se utilizaron 15 especímenes de 15mm de diámetro y 2mm de grosor fabricados de resina microhíbrida Esthet-X™, Dentsply™ y Filtek™ Z250 (3M ESPE) e híbrida de alta densidad (Surefil™, Dentsply), los cuales fueron pulidos con discos Sof-Lex de 3M ESPE. El color de los especímenes fue medido de acuerdo a la escala CIEL*a*b* mediante un espectrofotómetro. Después de las mediciones base, 5 especímenes de cada resina fueron inmersos en diferentes soluciones pigmentantes por 15 días (Agua destilada para el control, café, y Coca-Cola®). Posteriormente, se realizó una nueva medición del color, se repulieron los especímenes y se sometieron a una nueva lectura de color. La prueba ANOVA y el test de Tukey fueron utilizados para el análisis de resultados el cual no evidenció diferencias estadísticas significativas entre las resinas después de ser pigmentadas o repulidas. Para todos los tipos de resinas, el café influyó más en las variaciones en el color que el agua destilada y la Coca-Cola®, después del repulido el cambio de los especímenes inmersos en café disminuyó a valores clínicamente aceptables, pero se mantuvo alto en comparación a los otros grupos. Los autores concluyeron que no hay diferencia significativa entre el tipo de resina o los valores de color antes y después de repulir los especímenes que han sido inmersos en agua y Coca-Cola®, que los especímenes inmersos en café tuvieron mayor cambio del color en todos los tipos de resinas y que el repulido en este estudio contribuyó a disminuir la pigmentación a niveles clínicamente aceptables⁵¹.

Amit Khatri y B. Nandlal, también en el 2010, llevaron a cabo un estudio cuyo fin era evaluar y comparar el efecto del café, una bebida a base de chocolate y del colorante vegetal sobre la estabilidad del color de resinas compuestas convencionales y de nanocompuesto, para ello prepararon 40 discos de 1 mm de espesor y 18 mm de diámetro de resina compuesta microhíbrida (TPH-Spectrum™) y (Dentsply™) y 40 de resina de nanocompuesto Ceram-X™, se evaluó el color de cada espécimen antes de

ser sumergidos 10 de cada tipo de resina en cada una de las sustancias pigmentantes, mientras que los 10 especímenes restantes fueron inmersos en saliva artificial como solución control. Los valores de color de cada resina fueron analizados con un espectrofotómetro y con la escala CIEL*a*b el primer día, a la semana y a las 4 semanas de inmersión. Los resultados mostraron que la resina de nanocompuesto es más resistente a la pigmentación y que la resina convencional presentó mayores cambios en el color especialmente en el grupo inmerso en café y que el cambio de color se observó a partir de la primera semana, desde ese momento la variación del color aumentó gradualmente. Estos resultados llevaron a la conclusión de que las resinas convencionales son más susceptibles a ser pigmentadas, es decir a tener variaciones en el color al estar expuestas a diferentes sustancias en un largo periodo de tiempo comparadas con las resinas de nanocompuesto y que esto es debido a diferentes factores entre los cuales se incluye la matriz y el tipo de relleno de la resina²².

Ren y cols., en 2012, estudiaron la estabilidad del color de resinas compuestas usando un método de pigmentación por termociclado para simular los efectos complejos del medio bucal y del cepillado dental. Se realizaron discos de resina Filtek™ Supreme Ultra (FiltekSU), TPH3™ and Renamel™, los cuales fueron termociclados en café caliente, té frío y jugo de frutas, en total 1000 ciclos permaneciendo 30 segundos en cada solución por cada ciclo. El color fue evaluado con la escala CIEL*a*b utilizando un espectrofotómetro antes y después del termociclado y después de cepillar vigorosamente durante 3 minutos. El termociclado fue repetido con 1000 ciclos nuevamente y los discos fueron cepillados una vez más. Los cambios de color fueron comparados entre los 3 grupos usando la prueba de Kruskal-Wallis. Los tres grupos de resina mostraron un cambio significativo de coloración luego del termociclado. Filtek™ SU mostró el mayor cambio de coloración. Después del cepillado, el color recobró casi su valor original según CIEL*a*b en las resinas TPH3™ y Renamel™ y un valor menor para

Filtek™ SU. La segunda ronda de termociclado pigmentante, resultó en cambios de coloración mayores para Filtek™ SU que no pudieron ser removidos incluso con cepillado vigoroso. Se concluyó que la estabilidad del color es menor en la resina Filtek™ SU que en TPH3™ y Renamel™. Este método puede diferenciar potencialmente la pigmentación de la superficie que puede ser removida con cepillado, de una despigmentación verdadera del material la cual es resistente a procedimientos de higiene oral¹⁴.

En el año 2013 Frank Falkensammer y cols., hicieron un estudio en el que evaluaron el impacto que tienen diferentes tipos de solución sobre la estabilidad del color en varios tipos de resinas compuestas. Diferentes muestras de resina compuesta restaurativa y adhesiva (autoadhesivo de doble polimerización resina de cemento (Rely X Unicem™, 3M ESPE), resina compuesta autopolimerizable (Multilink™, Ivoclar,Vivadent), resina compuesta a base de resina dual polimerizante (Variolink II™, Ivoclar,Vivadent), resina compuesta nanohíbrida (Tetric EvoCeram™, Ivoclar,Vivadent) y resina compuesta microhíbrida (Gradia direct anterior™, GC) se fabricaron y almacenaron en vino tinto, té negro, clorhexidina, fluoruro de sodio, aceite de árbol de té y agua destilada durante 4 semanas a 37°C. Los parámetros de color se midieron con colorímetro antes y después del almacenamiento a través de un análisis de varianza ANOVA con ajuste de Bonferroni para comparaciones múltiples. El vino tinto causó la decoloración más severa, seguido del té negro. Los enjuagues bucales coloreados decoloraron los materiales en menor medida con valores clínicamente aceptables. Los adhesivos de resina de polimerización dual mostraron una mayor cantidad de decoloración, concluyendo así que los materiales de resina compuesta restaurativa y adhesiva actual se decoloran con el tiempo bajo la influencia de diferentes soluciones de almacenamiento. La composición de la resina relacionada con el modo de polimerización podría ser un factor causante²⁴.

Prodan y cols., en el año 2014 evaluaron la estabilidad del color en relación a la opacidad de una resina de nanorelleno Filtek™ Ultimate (3M ESPE), mediante la inmersión de las muestras en diferentes tipos de soluciones pigmentantes, artificiales y naturales. La muestra constó de ochenta discos A1 cuerpo (A1B), A1 dentina (A1D), A1 esmalte (A1E), y esmalte blanco (WE), estos grupos fueron inmersos en sustancias pigmentantes como naranja, amaranto, café, té y saliva artificial. Se utilizó el sistema CIEL*a*b* para medir el color antes y después de la inmersión a las 4, 6, 12, 24 horas y 7 días. Se usaron mediciones repetidas de dos vías ANOVA para evaluar el efecto del tiempo de inmersión, sustancias pigmentantes y materiales en los parámetros de CIEL*a*b*, translucidez y diferencia de color (ΔE^*). Para comparar entre la sustancia pigmentante y los materiales, se hizo un contraste por parejas utilizando el método Bonferroni. En los resultados la diferencia del color (ΔE^*) después de 7 días de inmersión varió entre 0.9 y 15.8, la más alta (ΔE^*) fue la de WE, seguida por A1E, A1B, Y A1D (para todas las soluciones pigmentantes, excepto el café), ya que hubo diferencias entre las soluciones con respecto al cambio de color inducido, el café tuvo cambios más pronunciados en cuanto a la diferencia de color. Sin embargo, la naranja, el amaranto y la saliva artificial generaron el mismo comportamiento, para todos los materiales. En conclusión no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las opacidades de Filtek™ Ultimate respecto a translucidez diferencia de color (ΔE^*), ΔL^* , y Δb^* a través del tiempo⁶³.

Seguidamente en el 2014, Ertan Taskinsel y cols., hacen uso de sustancias pigmentantes en esta oportunidad para evaluar el efecto sobre la estabilidad del color en dos tipos de resinas, pulidos con diferentes sistemas de pulido e inmersos en dos bebidas deportivas. Se utilizaron 96 especímenes con forma de disco, con dos tipos de resinas compuestas (Cavex Quadrant™ Universal-LC y Clearfil-APX™), todos se almacenaron en agua destilada por 24 horas a 37°C. La mediciones del color se hicieron de

acuerdo al sistema de color CIEL*a*b* como guía antes y después de 7 días de inmersión en 2 bebidas deportivas (Powerade® y Buzzer®). Como resultado se halló que hay diferencias significativas entre los valores antes y después de la inmersión. El más alto cambio en la estabilidad del color fue observado en los especímenes de Clearfil APX™ inmersos en Powerade®. Los grupos control almacenados en agua destilada mostraron pequeños cambios para ambos tipos de resinas. Finalizado el estudio los autores concluyeron que las bebidas deportivas empleadas si causan alteración en el color de las resinas compuestas después de siete días⁶⁴.

Sosa y cols., en 2014 hicieron una investigación con el objetivo de determinar la alteración del color de 5 resinas compuestas para el sector posterior, sometidas a sistemas de pulido frente a agentes pigmentarios; para ello utilizaron: 24 cilindros de diferentes tipos de resina compuesta: Tetric Ceram HB™, Filtek™ P90, Filtek™ Z350, Filtek™ Z250, Brilliant NG™; con un valor cromático B2 según la guía Vita tradicional, con dimensiones de 7mm de largo y 7mm de diámetro, sellados con barniz transparente para uñas Valmy y a cada cilindro se le realizó un pulido con discos Sof-lex de 3M ESPE, de grano grueso, grano medio y grano fino en una de sus caras. Las unidades de análisis fueron sumergidas en los siguientes agentes pigmentarios: café, Coca-Cola®, vino tinto y agua como sustancia control. Antes de ser sumergidas en los agentes pigmentarios, los cilindros fueron fotografiados en un espacio con una fuente de luz natural y escaneados en blanco y negro determinando el valor junto con la Guía Vita tradicional como instrumento de referencia para determinar el color inicial, seguidamente permanecieron durante 24 horas sumergidas en la sustancia pigmentaria y 24 horas fuera de la sustancia, intercalando este protocolo durante 30 días, transcurrido el tiempo, las muestras fueron nuevamente fotografiadas y escaneadas para observar el valor final, además se pulieron por segunda vez, utilizando el protocolo de pulido anteriormente mencionado, para observar si la pigmentación desaparecía. Una vez pulidas las muestras se

fotografiaron y escanearon para luego ser observado el valor por última vez. Los resultados se analizaron y procesaron mediante un análisis estadístico y se sometieron a la prueba ANOVA multifactorial y el test de comparación múltiple LSD, lo cual permitió determinar si hubo diferencias estadísticamente significativas. Se utilizó el programa Statgraphics Plus. El café y el vino tinto son las sustancias que causan mayor alteración del color en las resinas de este estudio. La bebida Coca-Cola® fue la que menos pigmentó a las resinas exceptuando la resina Filtek™ Z250 y la resina compuesta Filtek™ P90 presentó mayor resistencia a la pigmentación; la resina compuesta Brilliant NG™ fue la menos resistente por lo tanto pudieron concluir que las resinas incluidas en este estudio son susceptibles a sufrir una alteración del color al ser sumergidas en sustancias pigmentantes⁴.

Emel Karaman y cols., realizaron un estudio en el año 2014 con el fin de investigar la influencia que tienen diferentes agentes pigmentantes sobre la estabilidad del color, la dureza y microdureza en la superficie de resinas a base de silorano y metacrilato, para ello utilizaron tres tipos de resinas (Filtek™ Silorane, Filtek™ P60, Filtek™ Supreme XT), en treinta discos de 10mm de diámetro y 2mm de grosor. Cada grupo fue organizado aleatoriamente y dividido en 3 grupos de acuerdo a cada tipo de sustancia que iba a ser evaluada: 10 para agua destilada (grupo control), 10 para Cola, y 10 para café, las mediciones del color antes y después fueron hechas con un espectrofotómetro; obteniendo como resultado que el café pigmentó los tres tipos de resina, sin embargo en la resina Filtek™ Silorane la pigmentación fue menor; con respecto a la dureza y microdureza todas las resinas mostraron un comportamiento similar ante las diferentes sustancias pigmentantes, siendo de nuevo el café el que tuvo más impacto sobre la dureza de la superficie en comparación a las otras sustancias, el mayor cambio de microdureza ante el café fue visto en la resina Filtek™ Supreme XT. La cola y el café tienen efectos pigmentantes y alteran la dureza de la

superficie, sin embargo el café en mayor proporción que la cola, esto varía dependiendo también de las características de los materiales⁶.

En el 2016 Shamszadeh y cols., realizaron un estudio de particular interés para esta investigación ya que utilizan la misma resina para técnica mono-incremental y el mismo medio de inmersión que se emplean en este estudio; cuyo objetivo era evaluar la estabilidad del color de una resina universal Tetric EvoCeram™ (Ivoclar, Vivadent) y una para técnica monoincremental Tetric EvoCeram™ Bulk-fill (Ivoclar, Vivadent), con diferentes grosores en respuesta a la inmersión en café y agua destilada. Para la resina universal se realizaron 20 discos de 6mm de diámetro y 2mm de grosor y para la resina bulk-fill se realizaron 20 discos de 6mm de diámetro y dos grosores diferentes: 2mm y 4mm con un molde de polietileno. Luego de aplicar la resina compuesta, se colocó una banda de Mylar en la superficie del disco de resina y se prensó con una loseta de vidrio para obtener una superficie plana, se removió la loseta de vidrio y los especímenes fueron fotopolimerizados durante 40 segundos utilizando una lámpara de luz halógena. Seguidamente se realizó la medición del color a través del sistema CIEL*a*b. Los especímenes se mantuvieron en agua destilada a 37°C durante 28 días. La mitad de la muestra permaneció en agua destilada y con la otra mitad se realizaron ciclos de 20 min al día en café y el resto del tiempo en agua destilada. Los autores diseñaron un set de cuarto oscuro donde ubicaron dos fuentes de luz de 60W a 45° de cada lado de las muestras; en cada intervalo, los especímenes eran lavados con agua destilada durante 5 segundos y secados con papel absorbente antes de ser posicionados en un fondo negro. Se ubicaron tarjetas de grises al 18% a cada lado de los especímenes para alcanzar un fondo neutro. Luego, las imágenes conectadas a un computador fueron analizadas a través del software Adobe Photoshop CS5. Para el análisis de los resultados utilizaron un ANOVA multivariado y HSD Tukey. Los valores de variación Delta E (ΔE)

para la estabilidad del color de las resinas evaluadas revelaron diferencias estadísticamente significativas entre todos los grupos. Los valores de ΔE de la resina Tetric EvoCeram™ Bulk-fill fueron significativamente más altos en todos los intervalos. Los especímenes de Tetric EvoCeram™ Bulk-fill de 4mm mostraron valores de ΔE significativamente más altos a los 14 y 28 días. Sin embargo, la diferencia no fue significativa en el día 1 y el 7. Los autores reportaron la alta capacidad de pigmentación del café. Los autores atribuyen la pigmentación de los especímenes de 4mm a una posible falta o falla en el proceso de polimerización debido a la profundidad de curado y concluyen que las resinas compuestas para técnica bulk-fill son posiblemente más susceptibles a la decoloración que las resinas convencionales³⁶.

Barutçigil y cols., en el 2017 evaluaron la estabilidad del color de resinas bulk-fill y una resina nanohibrida, para ello realizaron mediciones del color en la resina nanohibrida Z550™ y las bulk-fill (BLK™, AFX™ y XTF™) antes de ser polimerizadas. Luego de la polimerización realizaron una nueva medición del color y posteriormente realizaron la inmersión de la muestra en agua destilada como sustancia control, vino tinto y café. Las variaciones del color fueron medidas luego de 24 horas, 1 y 3 semanas. Para dichas mediciones utilizaron el sistema CIEDE2000. Con respecto a los resultados los cambios de color observados luego de la polimerización fueron significativos para todos los grupos. En los grupos inmersos en agua destilada solo se encontraron variaciones del color significativas para la resina nanohibrida Z550™ y la resina bulk-fill AFX™, todos los grupos de resinas inmersos en vino tinto y café mostraron cambios significativos y el cambio de color de las resinas bulk-fill fue incrementando a medida que transcurría el tiempo de inmersión en vino tinto y café. A partir de estos resultados los investigadores concluyeron que la polimerización cambia significativamente el color de resinas nanohíbridas y bulk-fill; que entre las resinas inmersas en agua destilada la bulk-fill AFX™ presentó el mayor cambio de coloración, que el

color de las resinas bulk-fill cambia significativamente a medida que pasa el tiempo luego de ser inmersas en diferentes bebidas con capacidad de pigmentación y que el cambio de color observado en las resinas nanohíbridas luego de 1 semana permaneció estable²⁸.

En el año 2017, Uzay Koc-Vural y cols., llevaron a cabo un estudio cuyo propósito era evaluar la estabilidad del color en resinas bulk-fill y resinas nanohíbridas pulidas con diferentes discos de acabado y pulido impregnados con óxido-aluminio. Para ello emplearon una resina bulk-fill nanohíbrida (Tetric EvoCeram™ Ivoclar, Vivadent), una bulk-fill microhíbrida (Quixfil™, Dentsply), y dos resinas nanohíbridas de técnica incremental (Filtek™ ultimate 3M ESPE y Herculite XRV™ Ultra) y realizaron discos de cada una de estas resinas, los cuales una vez fotopolimerizados fueron almacenados en agua destilada a 37°C por 24 horas para luego ser pulidos. Una de las superficies de cada espécimen fue pulida inicialmente con papel 600 grit SiC, seguidamente fueron divididos en subgrupos donde la misma superficie fue pulida con Optidisc™ (Kerr), SwissFlex™ (Coltene/Whaledent) y Praxis TDV™ (TDV dental Ltda.) respectivamente, desde el disco grano grueso hasta el grano fino de acuerdo a las indicaciones de la casa fabricante. Luego, los especímenes fueron termociclados e inmersos en café a temperatura ambiente. Los valores del color fueron medidos de acuerdo al sistema CIEL*a*b con un colorímetro antes y después del proceso de termociclado, al día 1 y día 7 de la inmersión en café. Los resultados mostraron que el proceso de termociclado causó una ligera decoloración en todos los grupos que no fue estadísticamente significativo con respecto al color inicial de las resinas. Luego de 1 día de inmersión en café, la decoloración aumentó significativamente excepto para el grupo de resina bulk-fill Quixfil™ que fue pulido con discos Optidisc™ que mantuvo su color estable luego de 7 días de inmersión en café. Comparado con las superficies no pulidas, el pulido redujo significativamente la resistencia a la decoloración del grupo Tetric EvoCeram™ pulido con SwissFlex™, de Tetric EvoCeram™

pulida con Praxis TDV™, resina Quixfil™ pulida con SwissFlex™ y todos los grupos de resina Herculite HRV Ultra™ luego de 7 días. Por otra parte, no hubo diferencias significativas en los valores del color de superficies no pulidas y pulidas de resina bulk-fill Quixfil™ pulida con Optidisc™ y resina bulk-fill Quixfil™ pulida con Praxis TDV™ y sin importar el método de pulido empleado, la resina Filtek™ mostró decoloración similar a los grupos de la misma resina con superficies no pulidas. Los autores concluyeron que la decoloración atribuida a los grupos de resina bulk-fill Tetric EvoCeram™ era similar más allá del método de pulido empleado, mientras que los grupos de resina bulk-fill Quixfil™ mostraron alteraciones del color significativas. Es por esto que se manifiesta en el artículo que los procedimientos de pulido pueden influenciar significativamente en la resistencia a la decoloración de las resinas bulk-fill y que las variaciones de color dependen probablemente de la variación de la matriz y los rellenos de la resina⁴⁶.

A continuación, se incluye un estudio en el cual se reflejan los criterios en los cuales se basan los clínicos para reemplazar una restauración, entre ellos se incluye la despigmentación de las resinas la cual obtuvo un resultado de 63.8% siendo de acuerdo a este cuestionario, la principal razón para el cambio de una restauración.

En el 2009, Ramos y cols., presentaron un estudio transversal en el cual se buscaba evaluar las razones por las cuales se reemplaza una restauración de resina de acuerdo a condiciones clínicas. En este caso se aplicó un cuestionario para evaluar 94 restauraciones de resina que debían ser reemplazadas, se aplicó una prueba de chi-cuadrado y de Exact Fisher para analizar las diferentes variables, obteniendo como resultado que entre las condiciones clínicas que indicaban reemplazo, la despigmentación de las resinas (63.8%) era la principal razón de cambio de una restauración y que la pigmentación marginal (50%), poca satisfacción con la anatomía de la restauración (50%), fractura marginal (14.9%), síntomas dolorosos (8.5%),

fractura del cuerpo de la restauración (4.3%), fractura dental (1.1%) y completo desalajo de la restauración (1.1%) eran condiciones que podían estar asociadas. Se concluyó que la incompatibilidad del color del material de restauración con la estructura dental (en dientes anteriores) o pigmentación marginal y poca satisfacción con la anatomía de la restauración eran las principales indicaciones para el cambio de una restauración, así mismo los investigadores indican que la pigmentación marginal y la despigmentación de la resina en contraste con la estructura dentaria, se puede relacionar con la presencia de caries⁴¹.

2.2 Bases conceptuales

2.2.1 Composites o Resinas compuestas.

2.2.1.1 Definición.

Las resinas compuestas dentales, son una mezcla compleja de resinas polimerizables mezcladas con partículas de rellenos inorgánicos². En odontología la resina más común es una combinación de un polímero y de una cerámica, donde el polímero es utilizado para enlazar las partículas cerámicas. El polímero funciona como matriz en las resinas compuestas dentales y las partículas son materiales reforzantes. Composites de matriz polimérica, también conocidos como resinas, son usados como sellantes en restauraciones provisionales, intracoronarias y extracoronales, carillas, dentaduras, cementos y como estructura de núcleo. Los resinas compuestas dentales se pueden hacer opacas o translucidas, moderadas en rigidez y dureza, aislantes térmicos, eléctricos y poco solubles.

En las resinas compuestas, las propiedades están en los dos materiales de su composición. Un beneficio de combinar dos clases de materiales es la capacidad de fabricar un material que tenga propiedades deseadas de manejabilidad que no pueden ser adquiridas con un solo material. Por ejemplo, las partículas individuales de cerámica no son condensables, pero la adición de un polímero para unir las hace posible que la resina se pueda

usar como una pasta. El uso de un polímero por sí solo no lograría conseguir suficiente rigidez y estabilidad, propiedades que le confiere las partículas de cerámica. Las resinas compuestas continúan creciendo en popularidad a medida que la preocupación aumenta debido a los efectos producidos en la salud y medio ambiente por el mercurio que poseen las amalgamas. El polímero usado en la mayoría de las resinas compuestas es Bis-GMA¹.

2.2.1.2 Composición química.

Las resinas compuestas contienen cuatro componentes estructurales: matriz polimérica, partículas de relleno, agente de acoplamiento y un sistema iniciador. La matriz es la fase continua a la que se le añaden los otros ingredientes. La mayoría de las matrices poseen Bis-GMA (bisfenol-glicidilmetacrilato) un copolímero acrílico-epóxico, desarrollado por R.L. Bowen del Instituto Nacional de estándares y tecnología, patentado en 1962. Algunas resinas compuestas utilizan UDMA en vez de Bis-GMA, mientras que muchas hoy en día usan una combinación de ambas. Debido a la alta viscosidad del Bis-GMA, los fabricantes agregan un monómero de baja viscosidad, el TEGDMA como diluyente polimerizable.

Las partículas de relleno usualmente son un tipo radiopaco de vidrio, óxido de zirconio, óxido de aluminio o dióxido de silicio agregado a la matriz para mejorar las propiedades físicas del compuesto final. El relleno mejora la translucidez, reduce el coeficiente de expansión térmica, reduce la contracción por polimerización, hace al material más fuerte, duro, denso y más resistente. Generalmente, a mayor cantidad de relleno agregado (por volumen o peso), mejor serán las propiedades físicas de la resina compuesta. Sin embargo, la carga de relleno tiene un límite, al sobrepasarlo el material se torna muy viscoso para usarlo clínicamente.

Las partículas de relleno están cubiertas con órgano-silano, un agente de acoplamiento capaz de unir químicamente las partículas de relleno con la matriz de la resina. Sin agente de acoplamiento, la fuerza cohesiva de la masa es reducida y las partículas de relleno tienden a perderse o a

“arrancarse” de la superficie a medida que se produce un desgaste preferente en la parte suave circundante de la matriz de resina⁷².

El agente de acoplamiento, órgano-silano (frecuentemente referido como silano), es aplicado a las partículas inorgánicas por el fabricante para tratar la superficie de los rellenos antes de ser mezclado con la mezcla de monómero sin reaccionar. Los silanos son llamados agentes de acoplamiento, porque forman un lazo entre las fases inorgánicas y orgánicas de la resina. Un extremo de la molécula contiene grupos funcionales (como metoxi), que se hidrolizan y reaccionan con la carga inorgánica y el otro extremo tiene un doble enlace de metacrilato que se copolimeriza con los monómeros.

La función del sistema iniciador-acelerador es polimerizar y reticular el sistema en una masa endurecida. La reacción de polimerización se puede desencadenar mediante activación por luz, autocurado (activación química) y curado doble (química y fotopolimerización)¹.

La activación de la reacción de curado se puede lograr mezclando dos componentes compuestos es decir, autocurado o compuestos autopolimerizables o exponiendo un solo componente a la luz de la longitud de onda adecuada es decir, compuesto curado por luz.

Para los materiales autopolimerizables, el primer tipo de compuestos desarrollados, una pasta compuesta contiene un iniciador, típicamente peróxido de benzoilo, que cuando se une a una molécula de amina de la segunda pasta se divide en dos moléculas de radicales libres activas capaces de iniciar la reacción de polimerización de los monómeros de metacrilato. Las resinas compuestas de fotocurado más populares requieren un fotoiniciador para activar la reacción de polimerización, siendo la canforoquinona la molécula más usada.

Los materiales restauradores compuestos de resina actuales requieren exposición a la luz visible, con la mayor parte de la energía suministrada en el rango de 460 a 480 nm (luz azul), que es la parte del espectro visible en el que la canforoquinona es más sensible⁷².

2.2.1.3 Propiedades de las resinas compuestas.

Para tener un buen servicio clínico, las resinas tienen que cumplir con ciertos criterios. Importantes propiedades físicas, mecánicas y clínicas están descritas en esta sección.

Propiedades físicas.

La polimerización se inicia cuando el material compuesto se expone por primera vez a la luz de curado. La rigidez tiene lugar unos segundos después de la exposición a la luz por una fuente de luz de curado de alta intensidad. Aunque la restauración compuesta parece dura y completamente curada después de la exposición a la fuente de luz de curado, la reacción de fraguado continúa por un período de 24 horas. Todos los dobles enlaces de carbono insaturados disponibles de los compuestos a base de metacrilato no reaccionan; los estudios informan que aproximadamente el 25% permanece sin reaccionar en la mayor parte de la restauración. Una capa delgada de material no polimerizado inhibido por aire permanece sobre la superficie de la capa polimerizada, lo cual es ventajoso para la posterior colocación incremental durante la estratificación.

Es útil para proteger la superficie de la restauración contorneada con una matriz transparente, para minimizar la cantidad de resina no polimerizada en la restauración final. Aunque para algunos compuestos, las propiedades físicas finales pueden no alcanzarse hasta aproximadamente 24 horas después de que se inicie la reacción, se obtiene suficiente resistencia mecánica inmediatamente después del curado para que la restauración pueda terminarse, pulirse con abrasivos y sea funcional.¹

Estrés y contracción por polimerización.

Todos los compuestos sufren una contracción volumétrica al fraguar. La contracción volumétrica da como resultado el desarrollo de tensiones de contracción tan altas como 13 MPa entre el compuesto y la estructura dental. Estas tensiones tensan severamente la unión interfacial entre el compuesto y el diente, lo que lleva a una brecha muy pequeña que puede permitir una

fuga marginal de saliva y microorganismos. Se pueden producir caries recurrentes y pigmentación marginal.

Esta tensión puede exceder la resistencia a la tracción del esmalte y dar lugar a agrietamiento por tensión y fracturas del esmalte a lo largo de las interfaces. Debido a que el desarrollo de la tensión de contracción depende de la tensión de contracción volumétrica y de la rigidez del compuesto en el momento de la contracción, los compuestos de baja contracción pueden exhibir una alta tensión si el compuesto tiene un alto módulo elástico.

Algunos autores afirman que agregar el compuesto en incrementos de 2 mm y polimerizar cada incremento independientemente puede reducir el efecto neto de la contracción de la polimerización. La tensión de contracción neta es menor porque se permite que un volumen menor de compuesto se reduzca antes de adiciones sucesivas. Un artículo reciente ha revisado las propiedades clínicas y de laboratorio de varios compuestos de baja tensión / bajo estrés. La mayoría de estos productos son compuestos universales, pero dos productos se describen como compuestos fluidos. Los valores de contracción dependen del método utilizado.

La contracción volumétrica de la polimerización para las resinas compuestas universales de baja contracción medida por un picnómetro varía de 0.9% a 1.8%, mientras que la de materiales fluidos de baja contracción es de 2.4% a 2.5%. Se ha informado que los compuestos universales tradicionales tienen una tensión de polimerización de 0,8 a 2,4 MPa y se informó que los fluidos tienen valores de tensión que van del 1,3% al 3,2%¹.

Propiedades térmicas.

El coeficiente lineal de expansión térmica (α) de los materiales compuestos varía de 25 a $38 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$ para resinas compuestas con partículas finas y de 55 a $68 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$ para resinas compuestas con partículas microfinas. Los valores α para las resinas compuestas son menores que la media de sus constituyentes sumados; sin embargo, los

valores son más altos que los de la dentina ($8.3 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$) y el esmalte ($11.4 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$).

Los valores más altos para las resinas con microrelleno se relacionan principalmente con la mayor cantidad de polímero presente. Ciertos vidrios pueden ser más efectivos para reducir el efecto del cambio térmico que otros y algunas resinas tienen más de un tipo de relleno para compensar las tasas diferenciales. Las tensiones térmicas ponen una tensión adicional en la unión a la estructura dental, lo que se suma al efecto perjudicial de la contracción de la polimerización. Los cambios térmicos también son de naturaleza cíclica y aunque la restauración completa nunca puede alcanzar el equilibrio térmico durante la aplicación de estímulos calientes o fríos, el efecto cíclico puede provocar fatiga del material y falla temprana de la unión. Si se forma una brecha, la diferencia entre el coeficiente térmico de expansión de los materiales compuestos y los dientes podría permitir la percolación de los fluidos orales.

La conductividad térmica de resinas con partículas finas (25 a 30×10^{-4} cal / seg / cm^2 [$^\circ \text{C} / \text{cm}$]) es mayor que la de resinas con partículas microfinas (12 a 15×10^{-4} cal / seg / cm^2 [$^\circ \text{C} / \text{cm}$]) debido a la mayor conductividad de los rellenos inorgánicos en comparación con la matriz polimérica. Aun así, para temperaturas altamente transitorias, los compuestos no cambian la temperatura tan rápido como la estructura dental y esta diferencia no presenta un problema clínico¹.

Sorción de agua.

La absorción de agua de resinas compuestas con partículas híbridas (5 a $17 \mu\text{g} / \text{mm}^3$) es menor que la de las resinas compuestas con partículas microfinas (26 a $30 \mu\text{g} / \text{mm}^3$) debido a la menor fracción de volumen de polímero en los compuestos con partículas finas. La calidad y la estabilidad del agente de acoplamiento de silano son importantes para minimizar el deterioro de la unión entre la carga y el polímero y la cantidad de absorción de agua.

La expansión asociada con la captación de agua de los fluidos orales podría aliviar algo del estrés de polimerización, pero la absorción de agua es un proceso lento cuando se compara con la contracción de la polimerización y el desarrollo de estrés. La expansión higroscópica suele comenzar 15 minutos después de la polimerización inicial, la mayoría de las resinas requieren 7 días para alcanzar el equilibrio y alrededor de 4 días para mostrar la mayor parte de la expansión. Debido a que las resinas compuestas de partículas finas tienen valores más bajos de absorción de agua que las resinas de partículas microfinas, exhiben menor expansión cuando se exponen al agua¹.

Solubilidad.

La solubilidad en agua de los compuestos varía de 0,25 a 2,5 mg / mm³. La intensidad y duración inadecuadas de la luz pueden resultar en una polimerización insuficiente, particularmente a mayores profundidades desde la superficie. Los compuestos polimerizados inadecuadamente tienen una mayor absorción de agua y solubilidad, posiblemente se manifiestan clínicamente con una inestabilidad temprana del color. Durante el almacenamiento de resinas microhíbridas en agua, se puede detectar la lixiviación de iones inorgánicos; dichos iones están asociados con una ruptura en la unión interfacial. El silicio se filtra en la mayor cantidad (15 a 17 µg / mL) durante los primeros 30 días de almacenamiento en agua y disminuye con el tiempo de exposición. Las resinas de microrelleno filtran el silicio más lentamente y muestran un aumento del 100% en la cantidad durante el segundo período de 30 días (14.2 µg / mL). El boro, el bario y el estroncio, que están presentes en los rellenos de vidrio, se lixivian a diversos grados (6 a 19 µg / mL) de los diversos sistemas de relleno de resina. La ruptura y las fugas pueden ser un factor que contribuya a la reducción de la resistencia al desgaste y la abrasión de los materiales compuestos¹.

Los fenómenos de sorción y solubilidad funcionan como precursores para una variedad de procesos físicos y químicos que conllevan a

consideraciones biológicas y producen efectos perjudiciales en la estructura y función de la matriz de la resina. Estos efectos pueden incluir expansión, plastificación y reblandecimiento, oxidación e hidrólisis. Como consecuencia existe una disminución de la estabilidad color, promoviendo una mayor susceptibilidad a la pigmentación. A su vez una falla en la polimerización también contribuye a que se presente este fenómeno¹³.

Color y estabilidad del color.

El color y la mezcla de tonos para el ajuste clínico de las restauraciones estéticas son importantes. Las características del color serán explicadas más adelante de manera detallada y estos principios pueden aplicarse específicamente a los materiales compuestos para determinar los tonos apropiados para uso clínico. Los tonos universales varían en color entre los productos comercializados actualmente. Las resinas compuestas modernas a menudo son suministradas por el fabricante en múltiples opacidades. Esto permite un mejor resultado estético utilizando múltiples tonos de diferentes opacidades para construir la restauración.

Cuando existe un cambio de color y pérdida de tono que no coinciden con la estructura dental circundante son razones para reemplazar las restauraciones. Las grietas de tensión dentro de la matriz de polímero y el desunido parcial de la carga a la resina como resultado de la hidrólisis tienden a aumentar la opacidad y alterar la apariencia. La decoloración también puede ocurrir por oxidación y como resultado del intercambio de agua dentro de la matriz del polímero y su interacción con los sitios de polímero sin reaccionar y el iniciador o acelerador no utilizado¹.

Propiedades mecánicas.

Aunque las resinas compuestas aprovechan las propiedades seleccionadas de cada material constituyente, las propiedades físicas y mecánicas de los compuestos son diferentes de las de las fases separadas. Los factores que afectan las propiedades de las resinas incluyen (1) el estado de la materia de la segunda fase (dispersa); (2) la geometría de la

segunda fase; (3) la orientación de la segunda fase; (4) la composición de las fases dispersas y continuas; (5) la relación de las fases y (6) unión de las fases. Ejemplos de propiedades que se pueden cambiar (mejoradas si los materiales compuestos se desarrollan juiciosamente) son (1) módulo, (2) resistencia, (3) tenacidad a la fractura, (4) resistencia al desgaste, (5) expansión térmica y (6) química y resistencia a la corrosión¹.

Fuerza y modulo.

La resistencia a la compresión es importante debido a las fuerzas de masticación. Los módulos de flexión y compresión de las resinas de microrelleno y de las fluidas son aproximadamente un 50% más bajos que los valores de las resinas híbridas y las resinas empacables, lo que refleja la menor carga de porcentaje de volumen presente en los materiales compuestos microfilados y fluidos. Para comparación, el módulo de elasticidad en la compresión es de aproximadamente 62 GPa para amalgama, 18-24 GPa para dentina y 60-120 GPa para esmalte¹.

Dureza Knoop.

La dureza Knoop de las resinas compuestas (22 a 80 kg / mm²) es más baja que la del esmalte (343 kg / mm²) o la amalgama dental (110 kg / mm²). La dureza Knoop de las resinas con partículas finas es algo mayor que los valores de las resinas con partículas microfinas debido a la dureza y la fracción de volumen de las partículas de relleno. Estos valores indican una resistencia moderada a la indentación bajo tensiones funcionales para resinas con mayor relleno, pero esta diferencia no parece ser un factor importante en la resistencia al desgaste funcional.

Una medición de microdureza, como Knoop, puede inducir a error en resinas con grandes partículas de relleno (> 10 µm de diámetro), en las que la pequeña muesca podría realizarse únicamente en la fase orgánica o inorgánica. Sin embargo, con la mayoría de los productos actuales, los tamaños de partículas de relleno son mucho más pequeños (<1 µm), y los valores de microdureza parecen más confiables¹.

Fuerza de unión a sustratos dentales.

Esmalte y dentina.

La resistencia de la unión de los materiales compuestos al esmalte grabado y la dentina imprimada es típicamente entre 20 y 30 MPa. La unión es principalmente el resultado de la retención micromecánica del agente de unión en las superficies grabadas de esmalte y dentina imprimada. En la dentina, a menudo se forma una capa híbrida de resina de unión y colágeno, y el adhesivo de unión penetra en los túbulos dentinarios.

Otros Sustratos.

El compuesto se puede unir a las restauraciones compuestas, cerámicas y aleaciones existentes cuando el sustrato está rugoso y cebado adecuadamente. En general, la superficie a unir está pulida con chorro de arena, (micrograbado) con alúmina de 50 μm y luego se trata con una base de resina-silano para resina, una base de silano para cerámica a base de sílice, un monómero de fosfato ácido para zirconia o una base de aleación especial. Las resistencias de unión a las superficies tratadas suelen ser superiores a 20 MPa¹.

Propiedades clínicas.

Los requisitos clínicos para la resina aceptados para uso no restringido, incluido el reemplazo de la cúspide en los dientes posteriores, según lo definen las directrices (propuestas) de la Asociación Dental Americana para composites a base de resina para restauraciones posteriores se observan en la tabla 1¹.

Tabla 1. Requisitos clínicos para la resina propuestos por la Asociación Dental Americana basados en evaluaciones en un periodo de 18 meses.

Propiedad	Criterio
Mantenimiento del color (18 meses)	No más de 5% de fracasos.
Decoloración marginal (18 meses)	No más de 5% de fracasos.
Integridad marginal (18 meses)	No más de 5% de fracasos.
Caries recurrente (18 meses)	No más de 5% de fracasos.

Mantenimiento del contacto interproximal (18 meses)	95% sin mostrar signos evidentes de ensanchamiento del punto de contacto.
Sensibilidad postoperatoria (18 meses)	No más del 5%.
Desgaste en un periodo de 6 a 18 meses	No más de 50 um.

Profundidad de curado.

La profundidad de la penetración de la luz en una restauración compuesta depende de la longitud de onda de la luz, su irradiación y la dispersión que tiene lugar dentro de la restauración. Una serie de factores influyen en el grado de polimerización a profundidades dadas desde la superficie después de la fotopolimerización.

La concentración de fotoiniciador o absorbente de luz en el compuesto debe ser tal que reaccione a la longitud de onda adecuada y esté presente en una concentración suficiente. Tanto el contenido de relleno como el tamaño de partícula son críticos para la dispersión del haz de luz. Por esta razón, las resinas de macropartículas con partículas más pequeñas y más numerosas dispersan más luz que los compuestos microhíbridos con partículas de vidrio más grandes y en menor cantidad. Se requieren tiempos de exposición más prolongados para obtener una polimerización adecuada de las resinas con microrelleno.

Otra consideración importante es el color y la opacidad particulares del material compuesto utilizado. Muchos tonos se opacifican intencionalmente y tienen más pigmentos para enmascarar dientes descoloridos después de la extracción de tejido carioso. Estos materiales tienen una mayor concentración de agentes opacificantes y pigmentos que dispersan más luz y por lo tanto, tienen una menor profundidad de curado. En tales casos, los tiempos de exposición más largos y los incrementos más pequeños son esenciales para el éxito clínico. La intensidad de la luz en la superficie es un

factor crítico en la integridad del curado en la superficie y dentro del material. La punta de la fuente de luz debe mantenerse a 1 mm de la superficie para proporcionar una exposición óptima.

Un tiempo de exposición estándar con la mayoría de las luces de curado dental es de 20 segundos. En general, esto es suficiente para curar un tono claro de resina hasta una profundidad de 2 o 2,5 mm, suponiendo que la guía de luz esté inmediatamente adyacente a la superficie de restauración¹.

Radiopacidad.

Es muy difícil ubicar radiográficamente los márgenes de esmalte-compuesto debido a la relativamente baja radiopacidad de las resinas. Los compuestos modernos incluyen vidrios que tienen átomos con altos números atómicos, como el bario, el estroncio y el zirconio. Algunos rellenos, como el cuarzo, los vidrios de litio y aluminio y la sílice, no son radiopacos y deben mezclarse con otros rellenos para producir un compuesto radiopaco. Incluso en la fracción de mayor volumen de relleno, la cantidad de radiopacidad es notablemente menor que la que presenta un restaurador metálico como la amalgama. Algunos compuestos microhíbridos logran cierta radiopacidad al incorporar partículas de vidrio de metales pesados finamente divididas. Otros usan partículas de cerámica que contienen óxidos de metales pesados¹.

Tasas de desgaste.

En condiciones clínicas, una restauración compuesta entra en contacto con otras superficies, como el diente opuesto, las partículas de alimentos y los fluidos orales, lo que puede ocasionar un desgaste y degradación de la superficie. Se han reportado muchos estudios de desgaste in vitro, pero debido a que se utilizan muchas metodologías diferentes, la estandarización y la comparación directa de estos resultados con el rendimiento clínico real no está disponible.

Es recomendable tener en cuenta los estudios clínicos controlados al elegir un material compuesto, especialmente para restauraciones posteriores. Los estudios clínicos han demostrado que los compuestos son ideales para

restauraciones anteriores en las que la estética es esencial y las fuerzas oclusales son bajas. Las tasas de desgaste son una preocupación mayor en los segmentos posteriores, donde las fuerzas oclusales y los contactos laterales son más altos que en el segmento anterior.

Aunque las generaciones anteriores de resinas compuestas mostraron desgaste por desgaste y abrasión, las formulaciones más nuevas minimizan el problema. La degradación marginal todavía es evidente y se atribuye a un diseño de preparación inadecuado, una adhesión inadecuada, la contracción de la polimerización del material y las microfisuras marginales. La degradación marginal y la mancha a veces se interpretan como caries recurrentes, aunque no siempre es así. Las resinas compuestas actualmente aceptados para aplicaciones posteriores requieren estudios clínicos que demuestren, durante un período de 18 meses, una pérdida del contorno de la superficie inferior a $50 \mu\text{m}^1$.

Biocompatibilidad.

Casi todos los componentes principales de los compuestos (Bis-GMA, TEGDMA y UDMA, entre otros) son citotóxicos in vitro si se analizan como monómeros en masa, pero la responsabilidad biológica de un material compuesto curado depende de la extensión de la liberación de estos componentes. Aunque los compuestos pueden liberar algunos niveles bajos de componentes durante semanas después del curado, existe una considerable controversia sobre los efectos biológicos de estos componentes. La cantidad de liberación depende del tipo de compuesto y del método y la eficiencia del curado del compuesto. Una barrera de dentina reduce notablemente la capacidad de los componentes para llegar a los tejidos de la pulpa, pero estos componentes pueden atravesar las barreras de la dentina, aunque a concentraciones reducidas.

En general, no se conocen los efectos de la exposición prolongada a largo plazo de las células a componentes de resina. Por otro lado, el uso de materiales compuestos como agentes directos para tapan la pulpa plantea un

mayor riesgo de respuestas biológicas adversas, porque no existe una barrera de dentina para limitar la exposición de la pulpa a los componentes liberados.

Los efectos de los componentes liberados de los compuestos en los tejidos orales u otros no se conocen con certeza, aunque ningún estudio ha documentado efectos biológicos adversos¹.

2.2.2 Clasificación de las resinas compuestas.

En función de la composición de las resinas compuestas, éstas se han clasificado de distintos modos con el fin de facilitar al clínico su identificación y posterior uso terapéutico.

Lutz y Phillips en 1983 realizaron una clasificación basada en el tamaño de las partículas de relleno; estos autores dividieron a las resinas compuestas en resinas de macro relleno (partículas de 0,1 a 100 μ), micro relleno (partículas de 0,04 μ) y resinas híbridas con rellenos de diferentes tamaños)⁷³.

2.2.2.1 Resinas de macrorrelleno o convencionales.

Se describen las resinas de macrorrelleno como partículas de tamaño entre 15 y 100 micrómetros. Son resinas compuestas con media viscosidad. Presenta partículas molidas, con ángulos afilados, su contenido de relleno en peso es de 60 a 80%. Se recomienda su uso clínico a zonas de gran tensión⁴. Se ha disminuido su uso a causa de sus desventajas, entre las cuales está el pobre acabado superficial, ya que hay un desgaste preferencial de matriz resinosa, propiciando el desalojo de grandes partículas de relleno que poseen poca o ninguna silanización. Esto ocasiona rugosidad superficial que provee el escaso brillo y una mayor pigmentación².

2.2.2.2 Resinas de microrelleno.

Las resinas de microrelleno contienen rellenos de sílice coloidal de tamaño submicrónico solamente aproximadamente entre 40 - 50nm⁷⁴. Debido a que las propiedades del compuesto de resina curada dependen de

la cantidad de la partícula de relleno más fuerte, estos compuestos de microfibras son relativamente débiles.

Para mejorar las propiedades de estos materiales, los fabricantes incorporan lo que se denominan rellenos de resina prepolimerizada (PPRF) además de los rellenos de tamaño submicrónico. Los PPRF se producen agregando una alta concentración de cargas submicrométricas en una resina muy diluida, luego curando con calor esta mezcla viscosa para maximizar la polimerización y finalmente moliendo el polímero cargado en partículas de 5 a 50 μm . Estas partículas se incorporan luego con partículas de microrelleno adicional para formar el material de restauración final para uso clínico. De esta manera, el contenido de relleno se maximiza, la contracción de la polimerización se minimiza y el compuesto de resina sigue siendo altamente pulible debido a que cada partícula de sílice individual tiene un tamaño de solo alrededor de 0.04 μm ⁷².

Cuando se usan en cavidades pequeñas y de bajo estrés masticatorio proporcionan un alto desempeño en el tiempo, con buen pulido y alto brillo superficial, lo que le otorga alta estética a la restauración dental. En la región posterior tienen desventajas, debido a menores propiedades mecánicas y físicas, tienen mayor porcentaje de sorción acuosa, alto coeficiente de expansión térmica y menor módulo de elasticidad⁷⁴.

2.2.2.3 Resinas híbridas.

Como su nombre lo indica, los compuestos de resina híbrida contienen una mezcla de cargas submicrónicas (0.04 μm) y partículas pequeñas (0.4 a 4.0 μm). Esta combinación de partículas de relleno permite los niveles más altos de carga de relleno entre las resinas actuales y una mejora correspondiente en las propiedades físicas en comparación con las resinas de microrelleno. Se pueden pulir a un brillo bastante alto, pero no en la medida de una resina de microrelleno. Los materiales compuestos de resina híbrida son una combinación de tecnología convencional y de microfibras y pueden usarse para restauraciones anteriores y posteriores.

El alto contenido de relleno también mejora la resistencia del material híbrido a la decoloración interna. En la última década, los fabricantes dentales han fabricado compuestos de resina híbrida con un tamaño de partícula promedio de menos de 1 μm . Debido al tamaño submicrónico, estos materiales se llaman microhíbridos. Las partículas de submicrón se pueden medir en μm o nm ($1 \mu\text{m} = 1,000 \text{ nm}$), lo que explica por qué algunos materiales en esta categoría han sido llamados nano-híbridos. Si bien no siempre es el caso, muchos nanohíbridos también contienen PPRF para reducir la contracción general del curado. Estos microhíbridos y nanohíbridos son más fáciles de manipular y pulir que los compuestos híbridos normales y también mantienen su brillo con el tiempo⁷².

2.2.2.4 Resinas de nanorelleno.

En los últimos años, ha aparecido en el mercado una nueva categoría de materiales, denominados compuestos de resina con rellenos nanométricos. Contienen partículas con tamaños menores a 10 nm ($0.01\mu\text{m}$), este relleno se dispone de forma individual o agrupados en conglomerados esféricos de aproximadamente 75 nm^2 . La investigación y el desarrollo de estos materiales se diseñaron con el objetivo de integrar con éxito una alta concentración de nanopartículas en los compuestos de resina para mejorar las propiedades mecánicas, el manejo y la facilidad de pulido. Desafortunadamente, el término nano- se ha confundido con solo referirse al tamaño de partícula. En realidad, nano- se refiere a la tecnología y la manipulación de partículas de tamaño nanométrico con el propósito de mejorar el rendimiento final del producto.

Actualmente los avances tecnológicos han logrado que sean materiales estéticos, muy fáciles de pulir y que mantienen mejor su brillo a lo largo del tiempo⁷².

2.2.2.5 Resinas de baja contracción.

Últimamente, la investigación en la odontología moderna se ha encaminado hacia desarrollar tecnologías que permitan reducir la contracción

de la polimerización de los compuestos dentales y ha llevado a la introducción de materiales compuestos de baja contracción. Se han seguido varias estrategias, como el desarrollo de nuevos monómeros de bajo encogimiento, diferentes de los derivados de metacrilato tradicionales o mediante el uso de monómeros con un peso molecular incrementado. Debido a que se ha demostrado que estos nuevos compuestos se contraen menos, es posible que ya no se necesiten estrategias clínicas para reducir el estrés por contracción, como las capas incrementales⁷⁵.

Las estrategias para reducir la contracción de la polimerización han incluido la reducción de los sitios reactivos por unidad de volumen al aumentar la carga de relleno con rellenos de tamaño nanométrico, aumentando el peso molecular por grupo reactivo mediante el reemplazo de parte del dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA) de menor peso molecular con una mezcla de dimetacrilato de uretano de peso molecular más alto (UDMA) y dimetacrilato de dieter de polietilenglicol de bisfenol A (Bis-GMA), o utilizando polimerizaciones de apertura de anillo basadas en siloranos. Muchos productos se han comercializado como materiales de baja contracción que tienen sistemas de iniciación modificados, lo que potencialmente permite la colocación de estos materiales en una capa (relleno masivo) de hasta 4 mm de espesor con polimerización adecuada y cortos tiempos de activación como es el caso de las resinas monoincrementales o bulk-fill⁷⁶.

Dicho procedimiento de llenado en masa o mono incremental simplificaría sustancialmente los procedimientos de restauración y reduciría el tiempo clínico⁷⁵.

2.2.3 Resinas mono-incrementales o Bulk-fill.

Actualmente, la utilización de restauraciones en base a resinas compuestas fotopolimerizables se ha masificado, incluyendo su uso en el sector de dientes posteriores, debido a su adecuado comportamiento mecánico y a sus atractivas características estéticas. Sin embargo, la técnica

de restauración en una preparación cavitaria es compleja, debiendo ser realizada mediante una técnica incremental. Esta técnica se utiliza por dos grandes razones, primero debido a que la profundidad de curado de estos materiales es limitada, impidiendo la total polimerización de incrementos mayores y segundo debido a que se intenta controlar los efectos de la contracción del material al producirse la reacción de polimerización. De esta forma, tanto investigadores como clínicos en general, han concordado en la necesidad de aplicar este producto en incrementos de hasta 2 mm.

Es así como, en caso de preparaciones profundas o extensas, se deben aplicar varias capas del material, siendo un trabajo de alta complejidad técnica que consume tiempo al clínico, además de involucrar ciertos riesgos como la incorporación de burbujas de aire o contaminación entre capas. Como respuesta a estas dificultades, en el último tiempo ha aparecido una nueva generación de resinas compuestas, denominadas como “Bulk-Fill”. Este término ha sido utilizado por los fabricantes para referirse a resinas compuestas que se podrían aplicar en un incremento de hasta 4-5 mm, mediante una técnica de monobloque o una capa. Aun así, se ha generado un gran debate respecto a si es posible aplicar este tipo de resina con incrementos del doble de grosor indicado en resinas compuestas convencionales, manteniendo las mismas características físicas, mecánicas y biológicas de las resinas convencionales⁷⁷.

2.2.3.1 Estrategias de las resinas mono-incrementales o Bulk-fill.

Las resinas mono incrementales pueden ser categorizadas en dos grupos: bases o cuerpo completo, los primeros con consistencia fluida y los segundos con una consistencia moldeable.

Las bases usualmente tienen baja viscosidad (son fluidas) permitiendo su colocación a través de una jeringa, lo que facilita la colocación y adaptación en cavidades de difícil acceso. Generalmente, estas resinas tienen un contenido menor de relleno, lo que hace que la superficie sea menos resistente por lo tanto necesitan reforzarse con una capa de resina

convencional⁷⁸. Este grupo está principalmente indicado para restauraciones mínimamente invasivas o bases de cavidades con un máximo de 4mm de grosor⁷⁹.

2.2.3.2 Profundidad de curado.

Las resinas mono-incrementales de cuerpo completo (como la utilizada en esta investigación) pueden ser utilizadas solas en la restauración de una cavidad, sin necesidad de reforzamiento con resina compuesta convencional. Estos tienen generalmente mayor carga de relleno, lo cual los hace altamente viscosos⁷⁸.

Una de las características relevantes a evaluar en este tipo de resinas es verificar si es posible obtener una adecuada profundidad de curado en incrementos de resina de 4 mm o más como lo indican los fabricantes. Una de las históricas desventajas de las resinas compuestas fotopolimerizables es su limitada profundidad de curado con la posibilidad de insuficiente conversión de monómero en el fondo de la preparación cavitaria, lo cual es relevante, ya que se ha demostrado que una polimerización deficiente puede provocar: degradación de la resina, deficientes propiedades mecánicas y reacciones biológicas adversas debido a la liberación de componentes monoméricos que no han sido polimerizados⁷⁷.

La mayoría de resinas mono incrementales aun contienen canforoquinona como el fotoiniciador primario y una amina terciaria como el co-iniciador. Tetric EvoCeram Bulk-Fill (Ivoclar, Vivadent) utilizada en esta investigación, contiene un derivado de dibenzoil germanio, referido como ivocerin aparte de la canforoquinona/amina, la cual mejora la capacidad de fotopolimerizar a grandes espesores⁷⁹.

Diversas razones se han elaborado para explicar la mayor profundidad de curado observada en las resinas bulk-fill en comparación a las convencionales. Principalmente, se han propuesto tres: la incorporación de sistemas de iniciación más eficientes en algunas resinas, mayor translucidez, lo que permitiría una penetración más profunda de la luz al disminuir la

absorción de luz por los pigmentos y la disminución de la superficie de interface matriz/relleno que desciende la refracción de la luz⁷⁷.

2.2.3.3 Estrés por contracción e integridad marginal.

El estrés por contracción no es una propiedad del material, está influenciada por diversas variables relacionadas con el diente, tal como la configuración y tamaño de la cavidad. Las propiedades más importantes que influyen el estrés por contracción son: encogimiento volumétrico y el módulo elástico de las resinas. Sin embargo, estas propiedades están inversamente relacionadas y dependen en gran parte a la carga del relleno. De hecho, debido a su alta carga de relleno, las resinas mono incrementales de cuerpo completo presentan un menor encogimiento volumétrico en comparación a las resinas base, pero un mayor modulo elástico⁷⁸.

Un liberador especial de estrés de contracción se ha integrado a la composición de rellenos de algunas marcas comerciales de resinas bulk-fill como es el caso de la Tetric EvoCeram™ Bulk-fill y gracias a su bajo módulo de elasticidad, estos liberadores de estrés actúan como muelles microscópicos durante el proceso de polimerización, lo que reduce el estrés de contracción. El resultado es una óptima integridad marginal. Y las fuerzas de contracción son comparables a las que se producen en restauraciones probadas de 2 mm⁷⁹.

2.2.3.4 Composición.

En términos generales, la composición de las resinas bulk-fill no difiere mucho de las resinas compuestas convencionales. La matriz de estas resinas se basa principalmente en monómeros de Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, EBPDMA. Sin embargo, en algunos casos se han agregado monómeros distintos y/o modificado el clásico monómero de Bowen Bis-GMA por monómeros de menor viscosidad.

En cuanto al sistema de iniciación de polimerización, el fotoiniciador de polimerización llamado Ivocerin, tiene mayor reactividad que la canforoquinona, debido a su mayor absorción en el segmento de 400 a 450

nm. Además, se indica, posee un filtro de contaminación de luz que asegura un adecuado tiempo de trabajo clínico. En relación a la cantidad de relleno de estas resinas, se han observado porcentajes de relleno menores a resinas compuestas convencionales microhíbridas y nanohíbridas, comparables a las resinas compuestas fluidas en porcentaje de relleno por volumen, pero mayores por peso. Se ha propuesto que esta menor proporción de relleno, junto al aumento de tamaño (20µm) de este en algunas resinas bulk-fill, podrían aumentar la profundidad de curado al disminuir la diferencia de índice de refracción entre matriz y relleno, mejorando así la penetración de la luz. A pesar de que los fabricantes han declarado algunos componentes con sus respectivas modificaciones, aún existen componentes específicos que son ampliamente desconocidos, los cuales pueden influir en el comportamiento clínico final⁷⁷.

2.2.3.5 Contracción y estrés de polimerización.

Una de las desventajas propias de la reacción de polimerización que ocurre en las resinas compuestas es el desarrollo de contracción y estrés en el material. La magnitud del estrés es mediado por la rigidez de la resina compuesta, su capacidad de liberación de este y su tasa de curado, entre otros factores. Este efecto de estrés de polimerización se ha relatado que puede provocar diversos problemas como flexión cuspídea, fractura dentaria y filtración o reducción de las propiedades mecánicas del material, entre otros.

La técnica incremental se desarrolló como una de las estrategias para reducir estos efectos, la cual intenta reducir el factor C de una preparación (factor C: relación entre superficies adheridas/superficies no adheridas en una restauración). La lógica aplicada en esta técnica es que la aplicación de pequeñas capas de incrementos de resina convencional reduciría el factor C, aumentando la superficie de área libre no adherida a las paredes de una preparación, liberando así la contracción generada al contraerse hacia el material.

Pese a lo anterior, algunos autores han cuestionado la capacidad real de la técnica incremental de reducir o evitar los efectos de la contracción y estrés por polimerización. Sin embargo, hasta antes de la introducción de resinas bulk-fill era inevitable aplicar la resina convencional en incrementos de hasta 2 mm, ya que este grosor permitía obtener una adecuada profundidad de curado. Ahora, con la aparición de las resinas bulk-fill que permiten realizar incrementos de 4-5 mm, la utilidad de la técnica incremental ha vuelto a ser tema de discusión. Los estudios que evalúan contracción y estrés de polimerización en las resinas bulk-fill son todavía escasos. Al evaluar flexión cuspídea de premolares con restauraciones clase II restauradas con resinas bulk-fill, se han observado valores significativamente menores al comparar estas (aplicadas con técnica de monobloque) con resina compuesta convencional (técnica incremental). Junto con esto, se ha observado que el desarrollo de estrés de polimerización es menor en resinas bulk-fill en comparación con resinas compuestas convencionales y resinas compuestas convencionales fluidas⁷⁷.

2.2.4 Resinas empleadas en la investigación.

2.2.4.1 Resina Z100 3M ESPE™.

La resina Z100™ de 3M ESPE es un material híbrido radiopaco fotopolimerizable para sector anterior y posterior. El relleno es zirconio/silice. La resina es BIS-GMA. La polimerización del material se inicia por la exposición a la luz visible en la banda de 400-500 nanómetros del espectro visible.

Indicaciones.

Se recomienda en aplicaciones tanto de sector anterior o posterior. Su estética, variedad de colores, manejo y pulido lo convierten en el material de elección para Clases III, Clases IV, Clases V, carillas y diastemas. Su fuerza, resistencia además de la estética y el manejo lo convierten en un material excelente para su aplicación en posteriores Clases I y Clases II.

Composición.

Se compone de: Bis-GMA y TEGDMA.

El relleno es único y no proviene de cristales fundidos ni de un mineral natural, sino que es un mineral sintético zirconio/sílice.

La distribución del tamaño de partícula del sistema de relleno zirconio/silice presenta un ancho continuo del tamaño de partícula que va de un máximo de 4 micras hacia abajo hasta el rango de las partículas de microrrelleno (que se establece entre 0.2-0.04 micras). Esta distribución del relleno es mono-modal, no una distribución híbrida lo que le otorga unas características de manejo excelentes⁸⁰.

Tabla 2. Características, ventajas y beneficios de la resina Z100.

Características	Ventajas	Beneficios
Relleno sintético patentado.	Combina fácilmente con la estructura dental. Efecto camaleónico.	Mayor estética.
Ancha distribución del tamaño de partícula.	Opacidad simultánea dirigida a esmalte y dentina.	Mayor seguridad de la elección del color adecuada.
Relleno homogéneo.	Estético.	Excelentes propiedades de manejo.
Tamaño medio de partícula submicrónico.	Reacciona a la luz como la estructura dental que lo rodea.	Pulido como diente.
	Fácil pulido.	Mayor apariencia natural.
	Retención del pulido.	Estético.
Guía de color Vita.	Incorpora los colores más comunes de Vita.	

Recuperado de: https://www.3m.com/es/3M/es_ES/empresa-es/todos-productos-3m/~/z100-3M-Z100-MP-sistema-de-restauraci%C3%B3n/?N=5002385+8707795+8707799+8710720+8711017+8711722+8713393+3294735975&rt=rud

2.2.4.2 Resina Filtek Z250 3M ESPE™.

Filtek™ Z250 de 3M ESPE es una resina compuesta microhíbrida, radiopaca, activada por luz visible. Está diseñada para su uso en

restauraciones anteriores y posteriores. El material de relleno es zirconia/sílice. La carga de material de relleno inorgánico es de un 60% por volumen (sin tratamiento con silano) con un tamaño de partículas entre los 0.01 a 3.5 micrones. Contiene las resinas BIS-GMA, UDMA y BIS-EMA.

Indicaciones.

- Restauraciones directas anteriores y posteriores.
- Técnica de Sándwich con ionómero de vidrio.
- Reconstrucción de cúspides.
- Reconstrucción de muñones.
- Ferulizaciones.
- Restauraciones indirectas anteriores y posteriores que incluyen inlays, onlays y coronas⁸¹.

2.2.4.3 Resina Tetric EvoCeram Bulk-fill™ (Ivoclar – Vivadent).

Es una resina compuesta nanohíbrida para la fabricación de restauraciones directas en el sector posterior. Su matriz está compuesta por: Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA y metacrilatos. De acuerdo con el fabricante, contiene un modulador del estrés de contracción, integrado en la composición del material restaurador que reduce el estrés de contracción durante el proceso de polimerización. El contenido del relleno es del 60% (del volumen) con partículas con un rango comprendido entre 40nm y 3000nm y está compuesto por vidrio de bario, trifluoruro de Iterbio, pre-polímero y óxidos.

Ventajas.

- Permite realizar incrementos de hasta 4 mm.
- Reposición del volumen de dentina o esmalte.

- Tiempo de polimerización 10 segundos ($> 1000 \text{ mW/cm}^2$) gracias a la alta reactividad del Ivocerin el cual permite que la translucidez del material se establezca a un nivel que asegure una máxima estética al tiempo que permite tiempos cortos de exposición.
- Ahorro de tiempo del 47 % en comparación con la técnica convencional.
- Reducción de la contracción por polimerización gracias a la molécula moduladora de estrés de contracción.
- Logran una translucidez similar al esmalte o dentina.
- Estética eficiente
- Buen tiempo de trabajo. Contiene filtros patentados de sensibilidad a la luz que previenen la polimerización prematura y garantizan un tiempo de trabajo de más de 3 minutos bajo unas condiciones de luz de 8000 lux. Una importante característica adicional de esta molécula es que no perjudica la polimerización cuando se expone a la intensidad de la luz de una lámpara LED⁷⁹.

2.2.5 Adhesión.

2.2.5.1 Concepto de adhesión.

El proceso de adhesión se puede definir simplemente como la unión de dos superficies o materiales independientes para los cuales se mantiene el contacto sin la ayuda de fuerzas externas. En el sentido más estricto, la adhesión es una medida de la fuerza de atracción entre dos materiales diferentes y se diferencia de la cohesión en que este último se relaciona con las fuerzas de atracción dentro de un solo material, es decir, las fuerzas que lo mantienen unido. La adhesión puede resultar de la formación de enlaces químicos primarios, como covalentes, iónicos o metálicos y se pueden

producir uniones fuertes y duraderas a partir de cada uno de estos tipos de enlaces.

La adhesión también puede ser el resultado de fuertes fuerzas secundarias, como los enlaces de hidrógeno y las fuerzas de Van der Waals, que generalmente tienen una menor durabilidad general que los enlaces químicos primarios debido a sus energías de enlace más bajas. Ya sea que se basen en enlaces primarios o secundarios, la adhesión depende de fuertes interacciones moleculares entre dos superficies en contacto íntimo y ambos tipos de interacciones son evidentes en los materiales adhesivos dentales⁷².

Desde 1955, con la introducción de Buonocore del concepto de tratar el esmalte para cambiar químicamente su superficie y por lo tanto, facilitar la adhesión de los materiales de relleno a las superficies del esmalte, la odontología de adhesión ha cambiado y evolucionado rápidamente. Esto es así porque la adhesión es necesaria para oponerse y resistir las fuerzas de contracción durante la polimerización de la resina compuesta y para promover una mejor retención y sellado marginal cuando el diente restaurado está en funcionamiento.

Hoy en día, se pueden usar sistemas de adhesivo de grabado ácido para lograr la adhesión a las estructuras dentales. También se pueden utilizar para actuar como agentes de gestión y adhesivos, como en el caso de los adhesivos de autograbado.

El grabado ácido de la superficie del esmalte dio lugar a técnicas de grabado y enjuague, donde ambas superficies, el esmalte y la dentina, están grabadas con ácido. Luego, el ácido se elimina para que la resina pueda adherirse a las superficies. La adhesión efectiva a la dentina, a 17 MPa o más, ha planteado un desafío tecnológico mucho mayor que la adhesión al esmalte⁸².

2.2.5.2 Clasificación de los sistemas adhesivos.

El primer grupo incluye sistemas adhesivos de grabado total. Estos sistemas de grabado y enjuague requieren una fase inicial de manejo del tejido con 37% de ácido fosfórico. Esto proporciona una superficie porosa e irregular que permite la penetración de monómeros de resina a polimerizar, proporcionando así retención micromecánica a través de etiquetas de resina. Este proceso de grabado elimina la capa de barrillo dentinario, lo que mejora la interacción del adhesivo con la red de colágeno expuesta, lo que garantiza la infiltración del adhesivo y el sellado de los túbulos dentinales.

Las técnicas de grabado total o grabado y enjuague se han utilizado durante décadas, con excelentes resultados clínicos verificados en el esmalte. Sin embargo, los resultados sobre la dentina son más variables.

El segundo grupo incluye sistemas adhesivos de autograbado. Estos sistemas, caracterizados por monómeros ácidos que no requieren enjuague, se han vuelto populares debido a su simplicidad técnica, la necesidad de seguir menos pasos y porque el profesional no necesita determinar la humedad residual de la dentina. Estos sistemas graban, desmineralizan e infiltran el esmalte y la dentina simultáneamente. La capa de barrillo se impregna, pero no se elimina y no se indica enjuague. La eliminación del paso de grabado y enjuague le da como ventaja a estos sistemas adhesivos: Reducir el riesgo de una preparación excesiva de la dentina, lo que minimiza el problema de la penetración inadecuada de los monómeros adhesivos Reducir el riesgo de sensibilidad postoperatoria.

1.- Adhesivos de tres pasos: (sistemas de grabado total) Requieren grabado ácido (esmalte y dentina), enjuague y seque, use un agente de imprimación y un adhesivo como pasos a seguir antes de colocar el material compuesto. Una vez que los tejidos se desmineralizan, el imprimador debe transformar la superficie dental hidrofílica en una superficie hidrofóbica, para que se logre la unión de la resina adhesiva. Para hacer esto, los agentes contienen monómeros que pueden polimerizarse con propiedades hidrófilas, disueltos

en acetona, agua y / o etanol. Estos agentes transportan monómeros a través del tejido grabado.

Los sistemas adhesivos que tienen compuestos orgánicos volátiles, como el etanol y la acetona, se basan en su capacidad para eliminar el agua restante. Esto hace posible que los monómeros penetren en las microporosidades causadas por el grabado ácido en el esmalte, dentro de los túbulos dentinarios abiertos y a través de los nanoespacios en la red de colágeno de la dentina. Por lo tanto, la infiltración completa del tejido se lograría si dichos tejidos se hubieran humedecido previamente. Es poco utilizado hoy en día y su principal desventaja es la demora en el tiempo clínico.

En esta investigación se utilizará un adhesivo de dos pasos cuyas características se describen a continuación:

2.- Adhesivos de dos pasos: El mecanismo de adhesión de estos sistemas es el mismo que el de sus predecesores de tres pasos, pero son más sensibles a la técnica. Estos sistemas requieren la aplicación de una técnica de adhesión húmeda, ya que la etapa de unión no se realiza de forma independiente. El tejido debe permanecer húmedo en el caso de la dentina para evitar que el colágeno desmineralizado se colapse, evitando así una infiltración incompleta del adhesivo⁸².

Estos sistemas tienen como ventaja:

- El ataque con ácido fosfórico proporciona la mejor unión al esmalte.
- La investigación de laboratorio apoya su uso en el esmalte y la dentina.
- Alta fuerza de adherencia inmediata.
- El concepto combinado de botella de imprimación / unión hace que sean extremadamente fáciles de usar.
- Se puede usar con clorhexidina para preservar la adherencia⁷².

Desventajas:

Es muy difícil para el odontólogo alcanzar el grado óptimo de humedad, por lo que esta técnica es sensible al operador.

El ácido debe enjuagarse con agua y luego secarse

Presentación:

El imprimador y el adhesivo se juntan en un paquete y el agente de grabado ácido viene por separado, la dentina debe permanecer húmeda después del ataque con ácido, lo cual es difícil de estandarizar clínicamente debido a la falta de estabilidad de la matriz desmineralizada. La imprimación ahora tiene monómeros con grupos ácidos que pueden actuar como agente de ataque ácido y por lo tanto, preparar el tejido dental para la adhesión⁸².

3.- Adhesivos todo en uno (de un solo paso): Estos sistemas combinan las tres funciones: grabado ácido, imprimación y adhesión en una etapa. Su principal ventaja es que son fáciles de aplicar y que no es necesario enjuagar la superficie: solo es necesario el secado para extender uniformemente el producto antes de la fotopolimerización⁸².

2.2.5.3 Adhesivo utilizado en la investigación.

Adper Single bond plus 3M ESPE™.

Es un agente de adhesión dental activado por luz visible.

Composición química.

Contiene Bis-GMA, HEMA, dimetacrilatos, etanol, agua, fotoiniciador y un copolímero funcional de metacrilato de poli (ácido acrílico) y poli (ácido acetálico) la incorporación del ácido polialquenoico en el imprimador multipropósito de Adper™ ayuda a resistir el efecto perjudicial de la humedad en un ambiente de humedad relativa elevada.

Indicaciones.

- Restauraciones compuestas de fotopolimerización directa.
- Desensibilización de la superficie de la raíz.
- Reparación de porcelana / resina compuesta.
- Carillas de porcelana.
- Corona y puente, inlay / onlay, amalgama de unión⁸³.

2.2.6 Selladores.

Los selladores de superficie son materiales a base de resina de baja viscosidad los cuales tienen como finalidad penetrar en las microporosidades y microgrietas de la superficie de una restauración para darle mayor

integridad a la misma; han estado disponibles en odontología desde principios de los años noventa. Se ha demostrado que el recubrimiento de materiales compuestos con selladores proporciona alguna mejora en la resistencia inicial al desgaste de la restauración⁵⁹.

La aplicación de selladores de estos permite rellenar defectos de superficie, mejorar la integridad marginal y aumentar la resistencia a la abrasión.

Los selladores de superficies pueden proporcionar como ventajas:

Una mejor resistencia a la tinción que un compuesto pulido al reducir la porosidad de la superficie y una superficie más polimerizada⁸⁴.

2.2.6.1 Composición química.

Contiene Bis-GMA, UDMA y TEGDMA sin partículas de relleno. Este material tiene una baja viscosidad y alta humectabilidad⁸⁵.

2.2.7 Principales causas de fallas de las resinas compuestas.

Diferentes revisiones sistemáticas han mostrado el buen comportamiento clínico de las restauraciones de resina y en estos se evidencia que dichas restauraciones presentan tasas de fracaso que varían entre 1% y 4% por año.

Las principales causas de fallas en las restauraciones posteriores son la caries dental y la fractura del diente o de la restauración.

En el caso de los dientes anteriores, los requerimientos estéticos juegan un rol importante desde el punto de vista del paciente y el odontólogo al momento de decidir realizar nuevas restauraciones.

Diferentes factores tienen un efecto predominante en el desempeño clínico de las restauraciones de resina.

Factores relacionados al paciente: edad, riesgo a caries, hábitos parafuncionales, nivel socioeconómico.

Factores relacionados al odontólogo: edad, género, experiencia clínica.

Demarco y cols., en el año 2017 establecieron una tabla en la que se ubican las principales causas de fallas de las restauraciones directas de resina basándose en revisiones sistemáticas previas.

A continuación se describen los diferentes aspectos que influyen en la longevidad de las restauraciones:

2.2.7.1 Caries dental.

El riesgo a caries de los pacientes influencia de manera significativa la longevidad de las restauraciones. Los estudios han demostrado que para aquellos pacientes con un alto riesgo a caries, el riesgo de fracaso de las restauraciones posteriores se ubica en un rango entre 2.45 a 4.40 en comparación con los pacientes de bajo riesgo a caries. Un aumento en el riesgo de fracaso de las restauraciones se observó también en niños que han presentado un índice alto de dientes cariados, perdidos u obturados, ya que a esa edad es un factor determinante para el riesgo de caries.

En el caso de restauraciones en el sector anterior se ha observado un número bajo de fracaso de las restauraciones a consecuencia de caries secundaria, sin embargo los pacientes con caries en los dientes anteriores son en su mayoría pacientes de alto riesgo, por lo tanto es de esperar un alto fracaso de las restauraciones en este grupo de individuos. A pesar de que los estudios han tratado de confirmar esta evidencia, aun existe una falta de estandarización en el establecimiento de un perfil de riesgo a caries. Debido a las características multifactoriales de la enfermedad de caries, varios indicadores de riesgo (variables) deben ser recolectados para una correcta identificación del nivel de riesgo y la predicción de futuras caries, para desarrollar estrategias de tratamiento y guías preventivas a nivel individual⁸⁶.

2.2.7.2 Bruxismo/Hábitos parafuncionales.

El hábito de apretar o rechinar los dientes de manera excesiva observado en pacientes bruxistas, puede afectar profundamente la estructura dentaria de dientes sanos a lo largo del tiempo, trayendo como resultado desgaste y

fracturas dentales. A su vez, esta condición está asociada a un aumento del riesgo de falla de las restauraciones posteriores; los pacientes clasificados con un alto nivel de estrés oclusal han mostrado un riesgo de fracaso tres veces más alto que el de los pacientes clasificados con bajo nivel de estrés oclusal.

Para la evaluación de estas condiciones los autores tomaron en cuenta la evaluación clínica objetiva (signos de desgaste dental) junto al reporte de hábitos parafuncionales a través de un cuestionario. El efecto negativo del bruxismo o de los hábitos parafuncionales en la supervivencia de las restauraciones posteriores fue observado en otros tipos de materiales restauradores tales como la amalgama y coronas parciales de cerámica.

En un estudio clínico sobre la restauración de casos con desgaste dental severo, incluyendo en su mayoría pacientes bruxistas, la causa de fracaso que predominó fue la fractura. En otro estudio, que evaluaba restauraciones incrementales ubicadas en dientes anteriores con desgaste, la fractura del diente o de la restauración (61%) y la pérdida de la restauración (30%) fueron las causas de fracaso más observadas mientras que la caries representó solo el 4% de los fracasos⁸⁶.

2.2.7.3 Edad.

Diferentes estudios han encontrado una influencia significativa de la edad en la supervivencia de las restauraciones y esta variable está probablemente relacionada a otros factores. La caries dental es la razón principal para realizar una restauración dental en niños, por lo tanto dichas restauraciones son más propensas a estar en un ambiente de alto riesgo lo que puede influir en la longevidad de la misma.

En una investigación en la cual se estudió la supervivencia de restauraciones de resina clase I y II en una muestra de niños y adolescentes, la variación de la edad influyó en los resultados, mostrando que los adolescentes entre 12 y 19 años tenían un riesgo de 0.43 comparado con niños entre 5 y 11 años. Los autores expresan que los resultados se pueden

deber a la diferencia del riesgo a caries y a la dificultad de cooperación de los niños más pequeños durante los tratamientos. Para las restauraciones clase II evaluadas en un estudio basado en la práctica, el mayor fracaso en niños pequeños se encontró a la par con un mayor riesgo a fracaso en pacientes de más edad. Para los mayores esto se puede explicar por la presencia de restauraciones más complejas y un aumento en el riesgo a caries debido a las complicaciones médicas y a una higiene oral deficiente. Por lo tanto, pese a que la edad puede presentar un efecto significativo, desde los niños de corta edad hasta los pacientes de edad madura, el análisis de la contribución de la edad en la longevidad de una restauración no debería considerarse un factor aislado⁸⁶.

2.2.7.4 Estatus socioeconómico.

A pesar de ser un factor que sigue en investigación, el estatus socioeconómico de los pacientes ha demostrado afectar la longevidad de las restauraciones, probablemente debido al efecto de determinantes socioeconómicos en la caries dental. Uno de los pocos estudios que ha investigado esta asociación, mostró que una trayectoria socioeconómica desfavorable durante la vida está asociada a una mayor presencia de restauraciones defectuosas. Los autores concluyeron que las personas que siempre han vivido en los estatus más deprimidos económicamente tienen mayores fracasos en las restauraciones que aquellos que viven en con mejores condiciones económicas⁸⁶.

2.2.7.5 Demanda estética.

Mientras que la caries secundaria junto a la fractura dental son consideradas las principales razones de fracaso de una restauración de resina en el sector posterior, las demandas estéticas de los pacientes y odontólogos aparentan ser una de las razones predominantes para el reemplazo de las restauraciones en el sector anterior. Los resultados de una revisión sistemática de restauraciones anteriores expresaron un mayor número de fallas relacionadas a razones estéticas en estudios que

evaluaban carillas, cierre de diastemas y reanatomización dental. La alta demanda de perfección estética conlleva a un mayor número de reemplazos de restauraciones por este motivo⁸⁶.

2.2.7.6 Operador.

El operador juega el rol decisivo en la longevidad de una restauración. Usualmente este factor es explicado partiendo de la base del nivel de entrenamiento del operador y la precisión con la que lleva a cabo el trabajo, pero el proceso de toma de decisiones puede ser un factor subestimado y es mucho más complejo y relacionado con co-variables como el tipo de práctica, el sistema de reembolso, las opiniones y puntos de vista del paciente y aspectos culturales.

En cualquier conferencia de odontología es posible ver las grandes diferencias que hay entre profesionales con respecto a la toma de decisiones en cuanto a cómo y cuándo intervenir en una restauración existente. Estas diferencias son comunes incluso entre odontólogos con la misma formación. En estudios basados en la práctica, se evidenció que entre odontólogos con diferente entrenamiento aumenta dos veces el riesgo de que falle la restauración. Por otra parte, en las facultades de odontología normalmente no enseñan cómo cambia una restauración de resina en el tiempo al interactuar con el ambiente bucal y cómo evoluciona el proceso de degradación natural.

Muchos cursos de odontología restauradora se enfocan en el reemplazo de restauraciones viejas y con mal aspecto o con defectos clínicamente insignificantes para usar restauraciones que cumplan con los estándares estéticos. Esto causa la impresión en los estudiantes de odontología de que una buena restauración siempre debe verse perfecta y como nueva. Utilizar este mismo criterio para valorar la calidad de las restauraciones no es muy útil, ya que pequeños signos de pigmentación o degradación marginal normalmente son confundidos como lesiones de caries secundaria. Todos estos factores y la falta de consenso entre odontólogos explican porque el

proceso de toma de decisiones para evaluar una restauración es tan complejo y porque el resultado de la evaluación clínica de las restauraciones existentes aumenta el riesgo de reemplazo de restauraciones viejas cuando el paciente cambia de odontólogo.

2.2.7.7 Material de restauración y técnica.

Paso un tiempo antes de que las resinas compuestas fueran consideradas un material apropiado para restaurar dientes anteriores y posteriores. La poca resistencia al desgaste y la baja resistencia mecánica eran defectos de las primeras generaciones de resinas en una época donde la amalgama dental era el material de elección para las restauraciones posteriores. Con el pasar de los años, los avances en la composición de la resina (monómeros con alto peso molecular y baja contracción por polimerización) y partículas de relleno inorgánicas mejoraron significativamente las propiedades del material. La composición actual de las resinas tiene mayor estabilidad del color y mejores propiedades ópticas. En ese escenario, la selección del material de restauración apropiado para cada caso no es un problema. Esto no significa que la preferencia profesional y las condiciones de manejo sean insignificantes, más bien, eso indica que actualmente la selección de las resinas para restauración no es basado en el desempeño clínico, ya que el efecto de la resina es solo uno de varios aspectos que influyen el desempeño clínico.

En una revisión sistemática en la que se evaluó el desempeño de las resinas en sector posterior, el tipo de material de restauración no representó un factor de riesgo significativo para la supervivencia, a diferencia de otros factores como el riesgo a caries del paciente y el número de superficies involucradas en la cavidad. En un escenario donde las fallas como consecuencia de la selección del material son mínimas, la técnica de restauración y otras condiciones clínicas tienen más importancia.

La literatura muestra que a mayor tamaño de la cavidad (número de paredes involucradas), posición dental (los dientes posteriores tienen que soportar

mayores cargas mecánicas), el uso de una capa gruesa de ionómero de vidrio como forro cavitario, presencia de tratamiento endodóntico, ausencia de esmalte periférico son factores que pueden afectar negativamente la longevidad clínica de las restauraciones. En contraste, otros elementos comúnmente mencionados tales como el biselado del esmalte, usar aislamiento absoluto y emplear restauraciones directas o indirectas no han mostrado estar relacionadas al comportamiento clínico. En muchas situaciones, la selección del sistema adhesivo si interfiere en el rendimiento.

Las siguientes son catalogadas según Demarco y cols., (2017) como las principales causas de fracaso de las restauraciones de resina:

2.2.7.8 Caries secundaria.

Las dos causas principales de fracasos de las restauraciones son la caries secundaria y las fracturas. Tomando en cuenta la alta prevalencia de la caries secundaria, el primer punto que llama la atención es que el predominio de ésta se ha mantenido más o menos igual en las últimas décadas, en comparación a la frecuencia con la que se observa la caries primaria, la cual ha decrecido a nivel mundial. Esto es interesante e inexplicable en cierto modo, especialmente considerando que los factores que causan la desmineralización, los cuales están relacionados al desbalance del individuo en el consumo del azúcar y a la acumulación de biopelícula dental, son exactamente iguales para caries primaria y secundaria. Es por ello, que se puede suponer que muchos casos clínicos que son catalogados como caries secundaria presentan probablemente solo defectos o pigmentación marginal. De hecho, es bastante común que los odontólogos lleguen a un diagnóstico de caries secundaria en casos donde no se observa lesión activa de caries o márgenes pigmentados.

La tendencia actual en cariología es que para prevenir exposición pulpar, las lesiones de caries profunda no deben ser removidas vigorosamente y los colorantes para la detección de caries no deberían ser utilizados ya que esto daría como resultado mayor número de paredes de la cavidad con caries

remanente que será inofensiva pues el proceso de caries se va a detener con el sellado de la cavidad. Sin embargo, estas caries pueden oscurecerse con el tiempo y los odontólogos deben estar conscientes de que estas áreas oscuras alrededor de la restauración no son necesariamente signos de lesiones cariosas activas sino signos de procesos cariosos previamente paralizados.

Las características de las lesiones cariosas activas son iguales para caries primaria y secundaria. Una lesión cariosa activa en esmalte está asociada a zonas con retención de placa, presencia de porosidad, con superficies rugosas y de aspecto blanquecino. Mientras que cuando la lesión involucra la dentina, es de aspecto húmedo, suave y el tejido se ve marrón, en este caso se puede realizar remoción mecánica con instrumentos no rotatorios. En consecuencia, los clínicos deben actuar solo si se observan signos de actividad y progreso de la enfermedad en caries adyacentes a las restauraciones y en la mayoría de los casos la acción debería ser no-operatoria (cuando la lesión se limita al esmalte), cuando se requiere intervención operatoria, se debe considerar la reparación como una alternativa al reemplazo.

2.2.7.9 Fracturas.

Las fracturas a corto plazo son usualmente de una extensión mínima y pueden ser un indicativo de problemas en la técnica de restauración o incorrecta manipulación del material. En contraste, las fallas a largo plazo están relacionadas a la fatiga de la estructura dentaria y la restauración como tal. En el medio bucal las restauraciones están constantemente expuestas a variaciones químicas y físicas. Entre las variaciones desde el punto de vista químico se encuentran un ambiente húmedo, la acumulación de biopelícula, ataques erosivos y productos de la dieta y desde el aspecto físico se encuentra la abrasión y la estimulación mecánica de la masticación. En el caso de que el paciente presente hábitos parafuncionales se aumenta la sobrecarga en el complejo diente-restauración. Debido a todos estos

factores, no se debe esperar que las restauraciones duren para siempre. A mayor tamaño de la cavidad y del volumen de la restauración, mayores van a ser los efectos de fatiga a largo plazo.

A pesar de ser una creencia común, ningún estudio clínico de los revisados por los autores hasta la fecha mostró que las restauraciones indirectas tuvieran mayor resistencia a la fractura que las directas y así pues las fracturas deben ser tratadas como un defecto común de los tratamientos restauradores.

2.2.7.10 Estética.

Los fracasos debidos a razones estéticas son escasamente reportados cuando se trata de restauraciones en el sector posterior, mientras que en el sector anterior la importancia de la estética aumenta drásticamente. Por lo general, los defectos en restauraciones amplias relacionados con una mala selección del color y pigmentación de los márgenes son fácilmente percibidos por los pacientes. Además las expectativas de los pacientes siempre son más altas en el sector anterior ya que normalmente estas son realizadas por requerimientos estéticos⁸⁶.

2.2.8 Agentes pigmentantes.

Se define un cromóforo como “el conjunto de átomos que pertenecen a una molécula y a su vez le confieren su color. Cuando una molécula absorbe ciertas longitudes de onda de luz visible y transmite o refleja otras, la molécula muestra su color”.

Existen diferentes sustancias o agentes, los cuales presentan grupos cromóforos, que al entrar en contacto con la cavidad bucal, causan pigmentación en las piezas dentarias restauradas o sanas. Estas sustancias o agentes se encuentran en los alimentos y bebidas que consumimos a diario⁴.

Sosa y cols., en el año 2012 citando a Mondelli (1984) afirman que las resinas compuestas sufren alteraciones de color en un periodo de 2 a 3 años, pudiendo ocurrir por manchas superficiales relacionadas con la penetración de colorantes

contenidos en los alimentos. En la superficie de la restauración ocurre un ablandamiento de la resina, permitiendo la pigmentación. Además afirma que la alteración del color puede deberse a una decoloración interna que ocurre como resultado de un proceso de fotooxidación de algunos componentes químicos de las resinas, siendo las aminas (activadoras del proceso de polimerización) responsables de esta alteración cromogénea⁴.

En este orden de ideas, las pigmentaciones pueden ser extrínsecas o intrínsecas:

2.2.9 Tipos de pigmentación.

2.2.9.1 Pigmentación extrínseca.

Es causada principalmente por los colorantes presentes en las bebidas y en la comida a través de la absorción y la adsorción. Numerosos estudios in vitro han demostrado que bebidas comunes como el café, el té, el vino tinto, jugos de frutas, coca cola, entre otros, pueden causar cambios significativos en el color de la superficie de las restauraciones de resina compuesta¹⁴; también fumar y algunos medicamentos (inducen una superficie rugosa) lo que contribuye el desarrollo de pigmentaciones exógenas en restauraciones de resinas²⁶.

Además de los efectos obvios de los colorantes, la pigmentación extrínseca también está asociada a las propiedades químicas y físicas de las resinas. La composición de la matriz de resina afecta la absorción de agua, la solubilidad, la hidrofilia y la microestructura, lo que influye en la estabilidad del color a largo plazo. Las resinas que contienen en mayor cantidad Bis-GMA pueden tener mayores características hidrofílicas y aumentar la absorción de agua en mayor medida que aquellas que contienen mayor cantidad de UDMA. Agregar pequeñas cantidades de TEGDMA a la matriz de resina de Bis GMA puede aumentar significativamente la absorción de agua de las resinas. La composición del TEGDMA le confiere una alta afinidad a la molécula de agua y por ello resulta en un aumento de las propiedades hidrofílicas de esas resinas. Es por ello que las resinas con

propiedades hidrofílicas y con una alta absorción de agua son más susceptibles a ser pigmentadas, ya que los colorantes son más propensos a ser absorbidos hacia la matriz de la resina. También diferentes autores han especulado con respecto a si el relleno inorgánico de las resinas afecta la estabilidad del color, dado que su tamaño, tipo, distribución y afinidad con la matriz de la resina puede influenciar la absorción y adsorción de los colorantes¹⁴.

Diferentes autores sugieren que existen al menos tres mecanismos que posiblemente contribuyen a la formación de manchas extrínsecas:

- a. Producción de componentes pigmentados en placa por bacteria cromogénica.
- b. Retención de sustancias pigmentantes provenientes de la dieta.

Formación de productos pigmentados por la transformación química de los componentes de la biopelícula dental²⁶.

2.2.9.2 Pigmentación intrínseca.

Cuando se presentan en esmalte y dentina y se deben a problemas sistémicos o congénitos como fluorosis, tetraciclinas, hemorragia por trauma y materiales de obturación como amalgama y conos de gutapercha.

La pigmentación intrínseca es determinada por la calidad de la matriz de la resina, el fotoiniciador y el relleno inorgánico. Estudios recientes han demostrado que los efectos de la decoloración intrínseca eran menores en resinas completamente polimerizadas y que no presentaban cambios de color perceptibles clínicamente luego de ser almacenados en agua, solo presentaban cambios visibles al ser expuestos a colorantes de la dieta y colorantes químicos y cuando la resina no estaba totalmente polimerizada. Estos hallazgos sugieren que la pigmentación extrínseca es el factor principal que afecta la estabilidad del color y el éxito a largo plazo de las restauraciones de resina.

Otro aspecto a tomar en cuenta, es que pocos estudios han considerado el estrés térmico y el pH de la cavidad bucal durante el consumo de sustancias

pigmentantes a través de las comidas y bebidas. Estas dos variables afectan la superficie y la integridad estructural de las resinas compuestas y vuelven a las restauraciones más propensas a la pigmentación y la decoloración. Los autores recomiendan que sería importante realizar estudios donde se tomen en cuenta la complejidad de estas variables para tener resultados más certeros con respecto a la estabilidad del color de las resinas¹⁴.

2.2.10 Café como sustancia pigmentante.

2.2.10.1 Definición.

Se conoce como café a los granos obtenidos de la planta cafeto, los cuales tostados y molidos son usados principalmente para preparar y tomar como una infusión⁸⁷. El café es una bebida muy apetecida por sus características organolépticas, convirtiéndola en una de las más consumidas en el mundo. Contiene una inmensa variedad de compuestos químicos responsables de su calidad sensorial y de sus efectos fisiológicos, como por ejemplo la cafeína, que es un estimulante reconocido del sistema nervioso central y que incide en el estado de alerta del individuo³¹.

2.2.10.2 Composición.

Entre las más de 1000 sustancias químicas distintas que lo componen se incluyen aminoácidos y otros compuestos nitrogenados, polisacáridos, azúcares, triglicéridos, ácido linoleico, diterpenos (cafestol y kahweol), ácidos volátiles (fórmico y acético) y no volátiles (láctico, tartárico, pirúvico, cítrico), compuestos fenólicos (ácido clorogénico), trimetilxantina conocida como cafeína, sustancias volátiles (sobre 800 identificadas de las cuales 60-80 contribuyen al aroma del café), vitaminas, minerales. Otros constituyentes como las melanoidinas derivan de las reacciones de pardeamiento no enzimático o de la caramelización de carbohidratos que ocurren durante el tostado. Existen variaciones importantes en la concentración de estos componentes según la variedad de café y el grado de tostado³¹.

2.2.10.3 Consumo mundial.

Según la organización internacional del café la producción mundial de café en 2017/18 será de alrededor de 158,78 millones de sacos⁸⁸ y las proyecciones futuras estiman un alza sostenida hasta el 2020, donde se espera un consumo de 175 millones de sacos de 60 kg⁸⁹.

2.2.10.4 Importancia científica.

El café ha sido ampliamente utilizado en el ámbito odontológico para estudiar la alteración del color de las resinas al interactuar con esta sustancia, debido a su capacidad de pigmentación la cual se debe a la presencia de moléculas de pigmentos amarillos y su afinidad a la cadena de polímeros presente en las resinas³⁵.

2.2.11 Color.

2.2.11.1 Definición.

El color es una sensación psicofísica producida en el ojo por una fuente de luz visible e interpretada en el cerebro⁷². Es una interpretación individual y personal⁹⁰. El color requiere tres componentes: una fuente de luz, un objeto y un observador^{72,91}.

Se define como fuente de luz a cualquier área o cuerpo que emita una radiación en el espectro de luz visible para el ojo humano⁷² (definida por la temperatura cromática en grados Kelvin)^{92,91}. Algunas fuentes de luz comunes se denominan como A (incandescente), B, C y D (luz natural)⁷². El ojo humano solo es capaz de ver una banda muy estrecha de longitudes de onda en el rango aproximado de los 360 a 720nm⁹¹.

Los objetos reflejan, absorben o transmiten la luz que ha sido emitida. La porción de luz reflejada es utilizada para la selección de color en odontología⁷².

El observador es la tercera parte de este conjunto, todas las sensaciones visibles son transmitidas a través del ojo hacia el cerebro donde la información es interpretada^{72,91}.

La retina tiene dos tipos de células receptoras: conos y bastones. Los bastones reconocen o registran la luz (responden a los colores blanco y negro)⁷² y están en mayor proporción que los conos⁹⁰ los cuales permiten la visión a color. Existen tres tipos de conos y estos son sensibles al color azul, verde y rojo o a la longitud de ondas cortas, medias y largas respectivamente⁷².

2.2.11.2 Dimensiones del color.

En 1905, el pintor norteamericano Albert Munsell propuso un sistema de color denominado HSV (Hue: matiz, Saturated: saturación y Value: valor) el cual es utilizado actualmente^{90,91}.

Así, el color es un fenómeno tridimensional caracterizado por las dimensiones de matiz, valor (luminosidad) y croma⁷².

El **matiz** es la propiedad que permite diferenciar las diferentes familias de colores^{72,93}. Se refiere específicamente al nombre del color^{90,91} según el tipo específico de longitud de onda que no es absorbida por los objetos y por lo tanto es reflejada hacia nuestros ojos⁹⁰. Por ejemplo rojo, verde, azul, amarillo⁷². En odontología, el matiz se representa como A, B, C o D, de acuerdo a las guías de color comúnmente usadas como la Vita Classic⁹³.

El **valor** es considerado la dimensión acromática del color⁹⁰, permite evaluar el nivel de luminosidad u oscuridad, en el centro del círculo del matiz existe un eje vertical que va desde negro puro en la base hasta blanco puro en la parte superior del eje⁷². Está relacionado también con la opacidad y translucidez, cuanto mayor el valor, más opaco y blanquecino será el objeto y cuanto menor valor, más traslucido o grisáceo⁹⁰.

El **croma** representa la diferencia de la cantidad o fuerza de un mismo color. Ejemplo rojo pálido o rojo oscuro⁹¹. Tiene que ver con el grado de saturación, la intensidad del matiz o la cantidad de pigmentos que este posee^{90,91}; mientras más alto el croma, más bajo el valor, el croma y el valor son inversamente proporcionales⁹³.



Figura 1. Matiz. Fuente: Summitt's fundamentals of operative dentistry, 2013.



Figura 2. Valor. Fuente: Summitt's fundamentals of operative dentistry, 2013.



Figura 3. Cromo. Fuente: Summitt's fundamentals of operative dentistry, 2013.

2.2.11.3 Sistema de color CIEL*a*b.

En el ámbito odontológico se han utilizado diferentes sistemas para evaluar el color, actualmente el más utilizado es el sistema CIELAB (CIE L*a*b o CIE 1976)⁷². Éste se utiliza casi exclusivamente para la investigación odontológica de los colores en todo el mundo⁴. Fue presentado en 1976 y recomendado por la comisión internacional de iluminación (CIE) la cual es una organización dedicada a la estandarización de áreas como el color y desarrolló un sistema estándar que permite calcular o interpretar clínicamente el espacio del color por medio de coordenadas aproximadamente igual que la percepción humana⁹³; Dichas coordenadas se indican con las siglas L*, a* y b*; como una aproximación a un espacio de color uniforme (Munsell es la referencia estándar)⁹⁰.

Este sistema representa un espacio de color uniforme con distancias equivalentes que corresponden a equivalentes diferencias de color percibidas. Este espacio de color es tridimensional y está formado por tres ejes que se relacionan para determinar el color del objeto⁹². Los tres ejes del sistema CIELAB se indican con los nombres L*, a* y b*. Representan,

respectivamente Luminosidad, tonalidad de rojo a verde y tonalidad de amarillo a azul (los dos últimos ejes están inspirados en la teoría de los colores oponentes)⁹⁰.

L* representa la diferencia entre la luz (donde L*= 100) y la oscuridad total (donde L*= 0). A* representa la diferencia entre verde (-a* valor de a negativo) y rojo (+a* valor de a positivo)

B* representa la diferencia entre amarillo (+b* valor de b positivo) y azul (-b* valor de b negativo).

Al utilizar este sistema, cualquier color tiene una ubicación en el gráfico de representación de tres ejes.

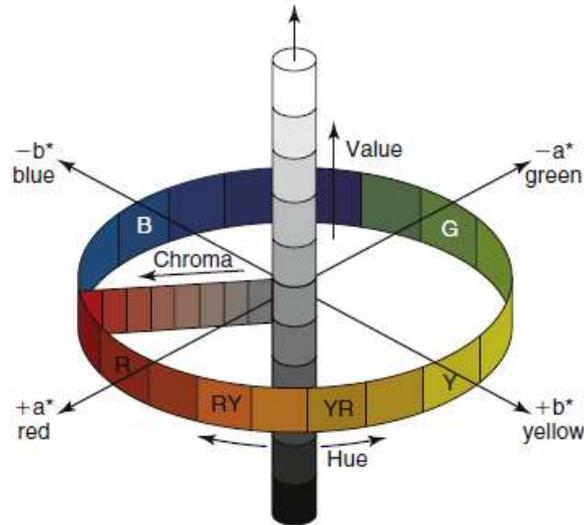


Figura 4. Espacio de color CIEL*a*b*. **Fuente:** Craig's restorative dental materials 2011.

Las variables de L*, a*, b* llamadas E* se representa como delta L*, delta a*, delta b* o delta E*; donde delta E* representa la magnitud de la diferencia en la diferencia de color pero no indica la dirección de la diferencia del color⁹⁰.

Cuando los valores de a* y b* se aproximan a cero, representan un área acromática, basada en la escala de valor. La diferencia perceptible entre un color y otro se visualiza como la distancia entre las posiciones de ambos colores en el espacio cromático y se denomina ΔE^{92} .

El signo “Δ” representa la diferencia y “E” es la abreviatura de percepción (“Empfindung” en alemán). El cálculo matemático para ΔE es el siguiente:

$$\Delta E = ((\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2)^{1/2}$$

Paravina y cols., en el año 2019, realizaron una revisión sistemática del rango de aceptación (AT) y el rango de perceptibilidad (PT) de la variación de ΔE en el sistema CIEL*a*b y el sistema CIE2000 con el fin de crear un modelo sistemático que permitiera estandarizar los valores y unificar criterios entre los diferentes estudios (ver tabla 3)⁹⁴.

Tabla 3. Interpretación de las diferencias de color entre dientes y materiales del color del diente a través de 50:50% rango de perceptibilidad (PT) y 50:50% rango de aceptabilidad (AT).

Rango	Clasificación e interpretación	ΔE00	ΔEab
≤ PT	(5) Coincidencia excelente	≤0.8	≤1.2
> PT, ≤AT	(4) Coincidencia aceptable	>0.8, ≤ 1.8	>1.2, ≤2.7
> AT, ≤AT x 2	(3) Discrepancia tipo [a]	>1.8, ≤ 3.6	>2.7, ≤ 5.4
> AT x 2, ≤AT x 3	(2) Discrepancia tipo [b]	>3.6, ≤ 5.4	>5.4, ≤ 8.1
> AT x 3	(1) Discrepancia tipo [c]	>5.4	>8.1

Tipos de discrepancia: [a] = Moderadamente inaceptable. [b] = Claramente inaceptable y [c]= Extremadamente inaceptable.

2.2.11.4 Otras propiedades del color.

Translucidez.

Es la habilidad de un material de permitir el paso de la luz a través de él⁷² pero la difunde de tal manera que los objetos ubicados por detrás no pueden ser distinguidas claramente⁴. La translucidez también puede ser definida como el espacio entre transparente y opaco⁹³.

Fluorescencia.

La absorción de luz por un material y la consecuente emisión de luz en una longitud de onda más larga se denomina fluorescencia. En los dientes

naturales, ocurre principalmente en la dentina debido a la mayor presencia de material orgánico. Mientras más fluorescencia hay en la dentina, menor es el croma. Pigmentos fluorescentes son comúnmente agregados a los materiales de restauración para aumentar la cantidad de luz reflejada al espectador y así bloquear la decoloración y disminuir el croma^{72,93}.

Opalescencia.

La opalescencia es la propiedad que hace que el material parezca de un color cuando la luz lo refleja y de otro color cuando la luz es transmitida a través de él⁷².

Transparencia.

Un cuerpo transparente es aquel que permite el paso de los rayos luminosos, por lo que se ve con claridad cualquier objeto colocado al otro lado de él⁴.

Iridiscencia.

Es el efecto arco iris que presentan algunos materiales en el cual las superficies parecen ser de diferentes colores dependiendo de la fuente de luz que lo ilumine o del ángulo de visión desde el que se observa⁷².

2.2.11.5 Métodos para evaluar el color.

Método visual.

La medición del color clínica visual se realiza a través de la comparación visual de los dientes con las guías de color⁹⁰, esta comparación define el color del diente adjudicándole un código de la guía de color. En este método influyen diferentes factores como el hecho de que el ojo humano se cansa rápidamente con esta actividad y no permite la obtención de datos fiables, la iluminación del entorno, color del fondo, maquillaje, los colores individuales que varían, la percepción de colores de cada persona que puede mostrar variación temporal, el envejecimiento y fatiga del observador, el metamerismo, la edad, el sexo, la experiencia, el rango de colores disponible de las tabletas de colores puede ser insuficiente y no cubrir el espacio de color completo de los dientes naturales⁹².

Método instrumental.

La medición de color instrumental es aquella que procesa imágenes digitales computarizadas a partir de instrumentos como el colorímetro, espectrofotómetro, espectroradiómetro y sistemas de análisis digital; son consideradas objetivas⁹⁰, ya que son más exactas, pueden ser reproducibles y también tienen la ventaja de ser más rápidas⁹².

2.2.11.6 Instrumentos de medición.

Colorímetro.

Instrumento diseñado para realizar la medición directa del color. Miden valores triestímulos, utilizando tres filtros de colores del campo visible: Rojo, verde y azul⁹⁰.

Espectrofotómetro dental.

Es un aparato de medición que emite una luz definida y es capaz de medir la calidad y la cantidad de luz reflejada por un objeto⁹⁰ en intervalos de 1 a 25nm a lo largo del espectro visible⁹² y clasificarla en un grupo de colores⁹⁰. Del espectrofotómetro se obtiene una curva de reflectancia espectral o de transmisión que es una función de la longitud de onda. Los datos espectrales de la superficie de los dientes pueden ser incluidos y representados como una curva de luminosidad y pueden ser comparadas con las curvas de luminosidad de las guías de colores a fin de definir un color, por lo tanto, los espectrofotómetros dentales tienen una base de datos espectrales de las guías de colores incorporadas⁹².

Cámaras digitales.

Permiten obtener imágenes para su posterior análisis a través de un programa de imágenes capaz de almacenar los datos de color de la totalidad o parte de dichas imágenes⁹⁰.

Software Adobe Photoshop®.

Adobe Photoshop® es un editor de gráficos rasterizados desarrollado por Adobe Systems Incorporated. Usado principalmente para el retoque

de fotografías y gráficos, tiene la ventaja de que permite trabajar con diferentes formatos fotográficos sin alterar la calidad de la imagen y tiene una herramienta de medición de color en el cual se pueden seleccionar diferentes escalas de color entre las cuales se encuentran CIEL*a*b y RGB entre otras, con estas se puede evaluar el color de cualquier zona que se seleccione en una fotografía o imagen de una manera objetiva y precisa.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Alcance y diseño de investigación

De acuerdo a la clasificación de Hernández y cols., la presente investigación es de alcance explicativo ya que se enfoca en el análisis de la relación entre dos o más variables y en explicar las razones por las cuales ocurre un fenómeno⁹⁵. En este caso se buscaba estimar el efecto que tiene la técnica de sellado en la estabilidad del color de las diferentes resinas compuestas a estudiar posterior a la pigmentación con café y establecer las diferencias o relaciones entre cada grupo.

Por otra parte, en cuanto al diseño de la investigación este es de tipo experimental, específicamente un experimento puro ya que los grupos fueron elegidos al azar, comparados entre sí, se empleó la manipulación intencional de las variables independientes y la medición de las variables dependientes⁹⁵. Las resinas compuestas incluidas en este estudio se dividieron al azar para aplicarles o no sellador y luego todos los grupos fueron expuestos al café de manera controlada para observar los efectos que se producían ante este fenómeno, estimar la efectividad de la técnica empleada y establecer diferencias entre los grupos experimentales en los diferentes momentos.

3.2 Unidades de análisis.

Tomando en cuenta los criterios relacionados con las posibilidades del investigador (tiempo y recursos disponibles) y el número de la unidad de análisis empleado en las investigaciones consultadas, el grupo de estudio

estuvo conformado por 30 unidades de análisis, 10 para cada una de las tres resinas compuestas incluidas en el presente estudio, de los cuales se eligieron al azar cinco unidades de cada resina compuesta para conformar el grupo experimental a las cuales se les aplicó la técnica de sellado y cinco unidades a las que no como grupo control y posteriormente se realizó la inmersión de todo el grupo de estudio en café.

3.3 Sistema de variables

3.3.1 Variable dependiente.

Estabilidad del color de las resinas.

3.3.2 Variables independientes.

Efecto del café como pigmento, condición de las unidades de análisis (selladas o no), marca de resina compuesta y los cuatro momentos en que se realizaran las mediciones.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En este estudio se empleó como técnica de recolección de datos la observación asistida técnicamente por imágenes tomadas con escáner a 1200 DPI y el software Adobe Photoshop® para evaluar en el sistema CIEL*a*b la diferencias de color en el grupo de estudio.

3.5 Procedimientos, materiales, equipos e instrumentos

3.5.1 Materiales y equipos.

Resina Tetric EvoCeram™ Bulk-fill (Ivoclar, Vivadent)

Resina microhíbrida (Filtek™ Z250, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)

Resina híbrida (Z100™, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA).

Adhesivo Adper single bond plus™, (3M ESPE, St. Paul, MN, USA).

Lámpara de fotocurado: Coltolux™ LED

Escáner HP psc 1315 all-in-one.

Molde Coltene™ para la realización de los discos de resina.

Software Adobe Photoshop® - sistema CIEL*a*b para la medición del color.

Agua destilada.

Espátula de resina.

Banda de Mylar.

Café en polvo (Marca: Café Brasil®) y agua.

Placas de petri.

Pincel.

Tabla 4. Composición química de las resinas empleadas en el estudio.

Resina compuesta	Clasificación	Matriz	%Relleno inorgánico por volumen/Peso	Tamaño de partículas de relleno	Fabricante
Filtek™ Z250	Micro híbrida	Bis-GMA, Bis-EMA y UDMA.	60% Zirconio/Sílice	0.01 a 3.5 μm	3M ESPE
Tetric EvoCeram™ Bulk-fill	Nano híbrida	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA y metacrilatos.	80% (Incluyendo pre polímeros) vidrio de bario, trifluoruro de Iterbio y óxidos./ 60%	40nm y 3000 nm	Ivoclar vivadent
Z100™	Híbrida	Bis-GMA y TEGDMA.	66% Zirconio/Sílice	0,01 – 3,5 a 0,6 μm	3M ESPE

3.5.2 Procedimiento.

Para llevar a cabo la presente investigación se realizó el siguiente procedimiento:

Prueba piloto para verificar viabilidad del experimento.

Elaboración de 30 discos de resina: Se realizaron 30 discos de resina, 10 de cada tipo de resina incluida en el estudio los cuales a su vez se dividieron en 5 especímenes para el grupo control y 5 para el grupo experimental.

Protocolo para la elaboración de los discos de resina: Para elaborar los discos de resina se colocó el material en un molde de plástico específico para la elaboración de discos de resina de diferentes espesores, previamente aislado con alcohol. Usando una espátula para resina se colocó

un incremento de resina de 2mm dentro del molde aun en estado plástico, se colocó una banda de mylar sobre la superficie del disco de resina e inmediatamente se procedió a realizar la fotopolimerización durante 40 segundos. Los discos obtenidos tenían una proporción de 2mm de grosor y 5mm de diámetro.

Técnica de sellado de la superficie: Una vez obtenidos los discos de resina al grupo experimental se le aplicó una capa de adhesivo convencional como agente sellador con el uso de un pincel y se fotopolimerizó durante 20 segundos.

Inmersión en agua destilada: El grupo control y grupo experimental fueron inmersos en agua destilada a 37°C durante 24 horas, para lograr la rehidratación de la resina y completar la fotopolimerización y al culminar este periodo se secaron con papel absorbente.

Evaluación del color: En un primer momento se evaluó el color de cada disco de resina del grupo control y grupo experimental haciendo uso de imágenes obtenidas a través de un escáner digital, de acuerdo a los valores de la escala CIEL*a*b en el software Adobe Photoshop®.

Preparación del medio de inmersión: En este caso se utilizó café como sustancia pigmentante, para ello se preparó café (dos cucharadas soperas al ras de café, en un recipiente de 250ml de agua).

Inmersión de los discos de resina en el café: El café se dispuso en 6 placas de petri previamente rotuladas, 3 para el grupo control y 3 para el grupo experimental donde cada recipiente corresponde a un tipo de resina, seguidamente se sumergieron los especímenes en dichos recipientes.

Evaluación del color: El color de los discos de resina se midió en 4 momentos, antes de ser inmersos en café (Día 0) y a los 7, 14 y 28 días de inmersión haciendo uso nuevamente del escáner, el software Adobe Photoshop® y los datos fueron registrados en una tabla de Microsoft Excel para su posterior análisis.

3.6 Análisis de resultados

El análisis de los resultados se realizó a través de una prueba de hipótesis para la cual se utilizó una prueba de medidas repetidas del método estadístico ANOVA univariado. En cuanto a la medición de las comparaciones múltiples se realizó una prueba HSD Tukey para las comparaciones inter-grupo y el método Bonferroni para las comparaciones intra-grupo. El valor de " p " quedó establecido en 0,05 y como programa estadístico se empleó SPSS19.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Resultados para la variable dependiente estabilidad del color de las resinas compuestas

El objetivo principal de esta investigación fue determinar la estabilidad del color (expresada en ΔE) de tres resinas compuestas de baja contracción (Tetric EvoCeram™ Bulk-fill de Ivoclar Vivadent, Filtek™ Z250 y Z100™ de 3M ESPE) al ser sometidas a pigmentación por café, cuando se aplica la técnica de sellado de la superficie con adhesivo Adper Single Bond plus™ de 3M ESPE.

Se realizó la Estadística Descriptiva (Ver tabla 5) para determinar el comportamiento de las variables: estabilidad del color con respecto al tipo de resina, condición de sellado o no sellado, en los diferentes momentos. Se usó como medida de tendencia central el promedio y la medida de dispersión fue la desviación típica, para cada una de las variables en cada uno de los momentos.

Nivel resina compuesta:

1. En la estadística descriptiva se puede observar que para la variable estabilidad del color en el momento 0 (Toma de color previa a la inmersión en café) el valor promedio de ΔE de Filtek™ Z250 (83,1428) es $>$ que Tetric EvoCeram™ Bulk-fill (81,7729) = Z100™ (81,6551)
2. En la estadística descriptiva se puede observar que para la variable estabilidad del color en el momento 1 (Día 7 de inmersión en café) el valor promedio de ΔE de Filtek™ Z250 (85,3463) es $>$ Tetric EvoCeram™ Bulk-fill (82,5108) $>$ Z100™ (81,7431).

3. En la estadística descriptiva se puede observar que para la variable estabilidad del color en el momento 2 (Día 14 de inmersión en café) el valor promedio de ΔE de Filtek™ Z250 (85,1505) es > Tetric EvoCeram™ Bulk-fill (82,3335) = Z100™ (82,3218).
4. En la estadística descriptiva se puede observar que para la variable estabilidad del color en el momento 4 (Día 28 de inmersión en café) el valor promedio de ΔE de Filtek™ Z250 (82,6573) es > Z100™ (79,6172) > Tetric EvoCeram™ Bulk-fill (78,8637).

De acuerdo a los momentos:

En relación con la variable estabilidad del color medida en los diferentes momentos se puede observar que el momento 1 (Día 7 en inmersión en café) 83,2001 es = al momento 2 (Día 14) 83,2686 > al momento 0 (Toma de color inicial antes de la inmersión en café) 82,1903 > momento 4 (Día 28) 80,3794.

Tabla 5. Estadísticos descriptivos.

	Resina	Sellado	Mean	Std. Deviation	CV	N
DEMO	Filtek Z100	No Sellado	78,6253	1,1876	2%	10
		Sellado	84,685	0,62439	1%	10
		Total	81,6551	3,24285	4%	20
	Filtek Z250	No Sellado	88,1581	1,68033	2%	10
		Sellado	78,1275	1,20086	2%	10
		Total	83,1428	5,33835	6%	20
	Tetric Bulk Fill	No Sellado	79,9404	1,92503	2%	10
		Sellado	83,6053	2,7179	3%	10
		Total	81,7729	2,96465	4%	20
	Total	No Sellado	82,2413	4,56844	6%	30
		Sellado	82,1393	3,37443	4%	30
		Total	82,1903	3,98221	5%	60
DEM1	Filtek Z100	No Sellado	82,5327	0,97346	1%	10
		Sellado	80,9535	1,34538	2%	10
		Total	81,7431	1,40091	2%	20

	Filtek Z250	No Sellado	86,5751	0,91477	1%	10
		Sellado	84,1175	1,02318	1%	10
		Total	85,3463	1,57533	2%	20
	Tetric Bulk Fill	No Sellado	81,7259	2,42091	3%	10
		Sellado	83,2957	1,30441	2%	10
		Total	82,5108	2,05684	2%	20
	Total	No Sellado	83,6112	2,65114	3%	30
		Sellado	82,7889	1,8093	2%	30
		Total	83,2001	2,28816	3%	60
DEM2	Filtek Z100	No Sellado	81,6271	1,34047	2%	10
		Sellado	83,0166	1,39434	2%	10
		Total	82,3218	1,51001	2%	20
	Filtek Z250	No Sellado	85,4731	1,47296	2%	10
		Sellado	84,828	1,45617	2%	10
		Total	85,1505	1,46343	2%	20
	Tetric Bulk Fill	No Sellado	81,4921	1,68157	2%	10
		Sellado	83,1749	1,50469	2%	10
		Total	82,3335	1,77683	2%	20
	Total	No Sellado	82,8641	2,37329	3%	30
		Sellado	83,6732	1,63041	2%	30
		Total	83,2686	2,0595	2%	60
DEM4	Filtek Z100	No Sellado	77,2536	1,93788	3%	10
		Sellado	81,9807	2,12402	3%	10
		Total	79,6172	3,1299	4%	20
	Filtek Z250	No Sellado	83,6989	2,35662	3%	10
		Sellado	81,6158	2,2274	3%	10
		Total	82,6573	2,47441	3%	20
	Tetric Bulk Fill	No Sellado	76,7837	3,53739	5%	10
		Sellado	80,9436	1,67667	2%	10
		Total	78,8637	3,43698	4%	20
	Total	No Sellado	79,2454	4,13148	5%	30
		Sellado	81,5134	2,00079	2%	30
		Total	80,3794	3,41545	4%	60

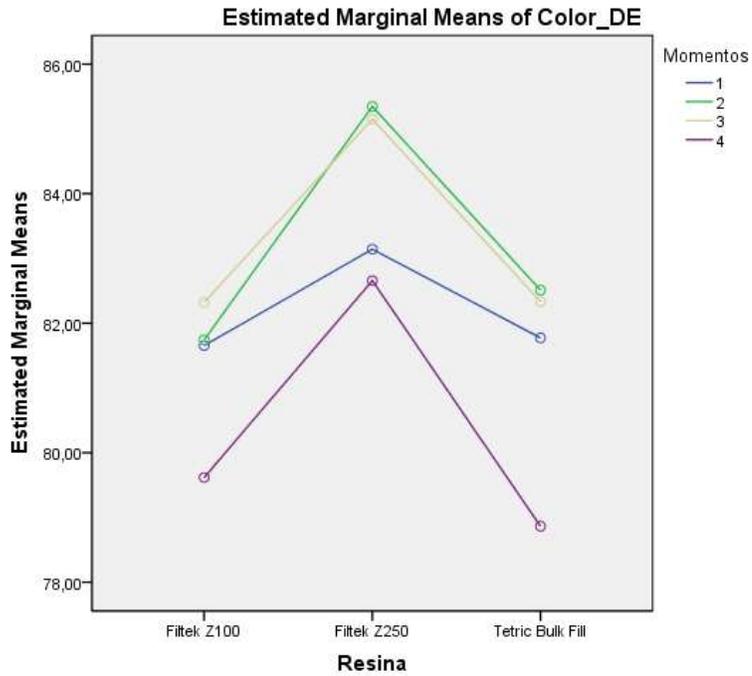


Gráfico 1. Registro del promedio de la variación de ΔE para estabilidad del color con respecto a las diferentes marcas de resina en los diferentes momentos.

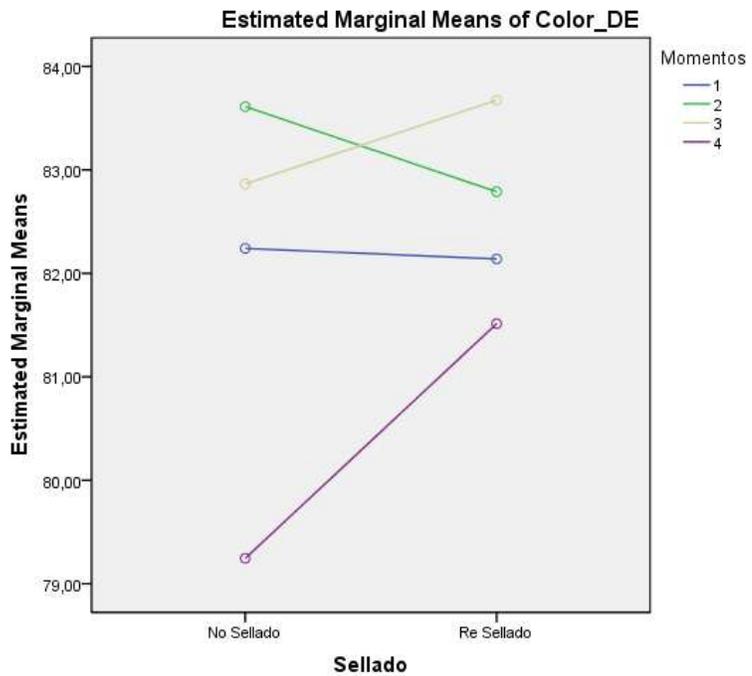


Gráfico 2. Registro del promedio de la variación de ΔE para estabilidad del color con respecto a la condición de sellado en los diferentes momentos.

4.2 Resultados para las variables independientes: condición de las unidades de análisis (selladas o no) y marca de resina compuesta.

Para las comparaciones Inter-Grupo (Ver tabla 6) se realizó una prueba de ANOVA univariado para las variables independientes donde se determinó la estabilidad del color de acuerdo a la marca de resina y al estado de sellado y no sellado.

Se observó que:

a.- **Nivel Resina compuesta:** el valor de P fue de 0,000 lo que indica diferencia estadística significativa en el valor de ΔE entre las diferentes marcas de resina.

b.- **Nivel Sellado:** el valor de P fue de 0,090 lo que indica que no hubo diferencia estadística significativa en la estabilidad del color de las unidades de análisis al aplicar o no adhesivo como sellador.

c.- **Intersección entre resina compuesta y aplicación de adhesivo como sellador:** Con un valor de P de 0,000 expresa que para algunas resinas funciona el sellado y para otras no.

Tabla 6. ANOVA multivariado de los efectos Inter-Sujetos.

Tests of Between-Subjects Effects

Measure:Color_DE

Transformed Variable:Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	1623993,4	1	1623993,4	278130,	,000
	17		17	406	
Resina	395,212	2	197,606	33,843	,000
Sellado	17,378	1	17,378	2,976	,090
Resina * Sellado	565,807	2	282,904	48,451	,000
Error	315,304	54	5,839		

4.2.1 Resultados para la estabilidad del color entre las diferentes marcas de resina:

El segundo objetivo de esta investigación fue establecer diferencias en la estabilidad del color entre los grupos de resinas compuestas.

Se aplicó una prueba de HSD Tukey (Ver tabla 7) para las comparaciones múltiples de los efectos Inter-Sujetos nivel resina compuesta con media y error ($1,460 \pm$) donde la resina Filtek™ Z250 (84) > Z100 (81,3) = Tetric EvoCeram™ Bulk-fill (81,3).

-Se observó que no hubo diferencia estadística significativa entre Tetric EvoCeram™ Bulk-fill y Z100™.

- Entre Tetric EvoCeram™ Bulk-fill y Filtek™ Z250 si hubo diferencia estadística significativa con respecto a la estabilidad del color.

- Si hubo diferencia estadística significativa en la estabilidad del color entre Z100™ y Filtek™ Z250.

Tabla 7. HSD Tukey para comparación de la estabilidad del color ΔE entre las resinas.

Color_DE

Tukey HSD^{a,b,c}

Resina	N	Subset	
		1	2
Filtek Z100	20	81,3343	
Tetric Bulk Fill	20	81,3702	
Filtek Z250	20		84,0742
Sig.		,995	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1,460.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

4.2.2 Resultados para la estabilidad del color de las resinas de acuerdo a la condición de sellado.

El tercer objetivo de esta investigación fue estimar el efecto del sellado en la estabilidad del color de las resinas compuestas posterior a la pigmentación por café.

Para ello se realizó una prueba de Bonferroni (Ver tabla 8) para comparar la estabilidad del color del grupo control y grupo experimental, donde para el grupo control (no sellados): Filtek™ Z250 (85,976) > Z100™ (80,010) > Tetric EvoCeram™ Bulk-fill (79,986) y entre el grupo experimental (sellados) no hubo diferencia estadísticamente significativa en la estabilidad del color de las tres marcas de resina compuesta; Filtek™ Z250 (82,172) = Z100™ (82,659) = Tetric EvoCeram™ Bulk-fill (82,755).

Tabla 8. Variación de ΔE entre las variables resina compuesta y condición de sellado.

Resina * Sellado

Measure:Color_DE

Resina	Sellado	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
Z100	No Sellado	80,010 82,659	,382 ,382	79,244 81,893	80,776 83,425
	Sellado				
Filtek Z250	No Sellado	85,976 82,172	,382 ,382	85,210 81,406	86,742 82,938
	Sellado				
Tetric Bulk Fill	No Sellado	79,986 82,755	,382 ,382	79,220 81,989	80,752 83,521
	Sellado				

Estimated Marginal Means of Color_DE

at Momentos = 1

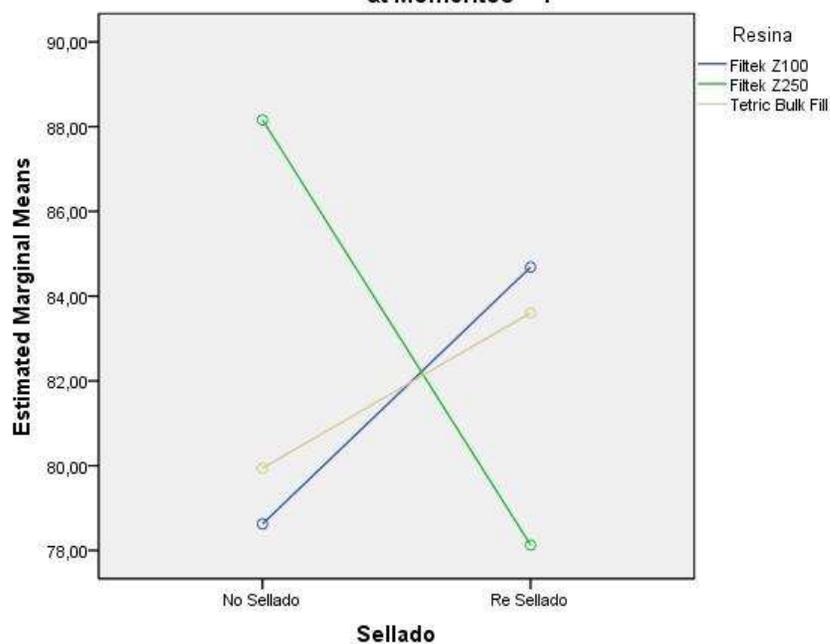


Gráfico 3. Estabilidad del color de las resinas compuestas en función de la condición de sellado en el momento 1. (Toma de color previo a la inmersión de los especímenes en café).

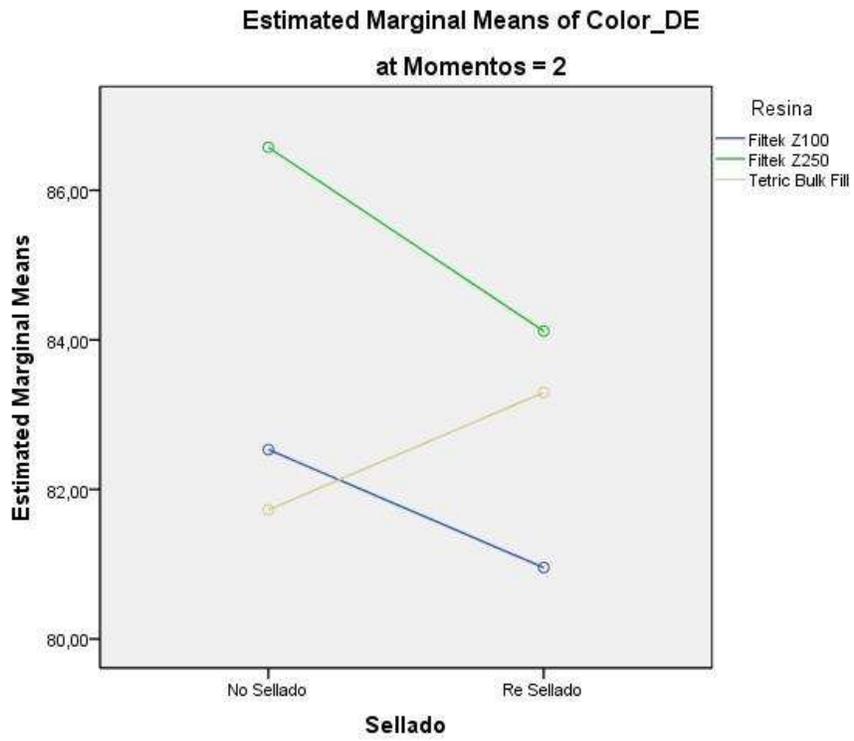


Gráfico 4. Estabilidad del color de las resinas compuestas en función de la condición de sellado en el momento 2. (Día 7 de inmersión en café).

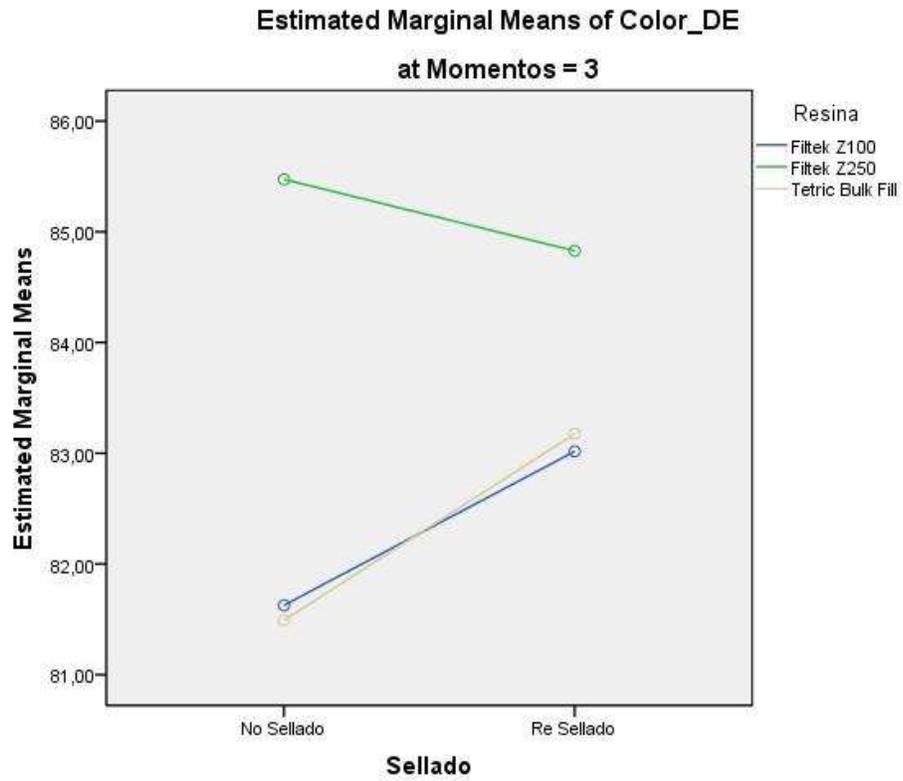


Gráfico 5. Estabilidad del color de las resinas compuestas en función de la condición de sellado en el momento 3. (Día 14 de inmersión en café).

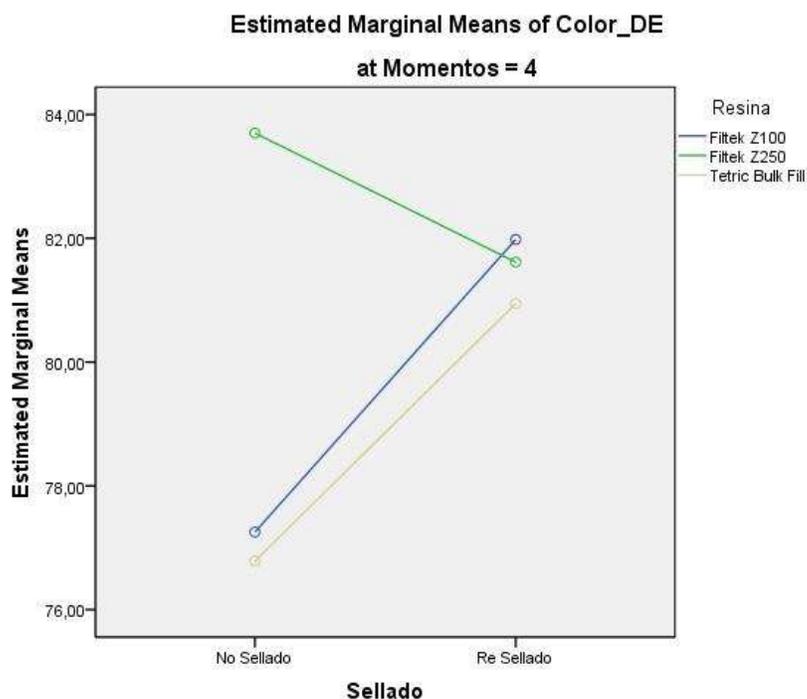


Gráfico 6. Estabilidad del color de las resinas compuestas en función de la condición de sellado en el momento 4. (Día 28 de inmersión en café).

4.3 Resultados para la estabilidad del color en función del momento:

El cuarto objetivo de esta investigación era establecer diferencias en la estabilidad del color entre los grupos en los diferentes momentos.

Se compararon los valores de las coordenadas L* (Luminosidad), a* y b* (cromacidad) en la hoja de cálculo de Microsoft Excel, en los diferentes momentos (Ver tabla 9 y 10) donde en la columna *Muestra*, se representa la identificación de los discos de resina, en la columna *Resina*, 1 (Z100™), 2 (Filtek™ Z250) y 3 (Tetric EvoCeram™ Bulk-fill) y la columna *sellado*, 0 (No sellado), 1 (Sellado)

Nivel luminosidad: Grupo Control

Momento 0: Filtek™ Z250 > Tetric EvoCeram™ Bulk-fill > Z100™

Momento 1: Filtek™ Z250 = Tetric EvoCeram™ Bulk-fill > Z100™
Momento 2: Filtek™ Z250 = Tetric EvoCeram™ Bulk-fill > Z100™
Momento 4: Filtek™ Z250 > Tetric EvoCeram™ Bulk-fill = Z100™

Nivel Cromacidad: Grupo Control

Momento 0: Filtek™ Z250 > Z100™ > Tetric EvoCeram™ Bulk-fill
Momento 1: Filtek™ Z250 > Z100™ > Tetric EvoCeram™ Bulk-fill
Momento 2: Filtek™ Z250 > Z100™ > Tetric EvoCeram™ Bulk-fill
Momento 4: Filtek™ Z250 > Z100™ > Tetric EvoCeram™ Bulk-fill

Nivel Luminosidad Grupo Sellado

Momento 0: Tetric EvoCeram™ Bulk-fill = Z100™ > Filtek™ Z250
Momento 1: Tetric EvoCeram™ Bulk-fill = Filtek™ Z250 > Z100™
Momento 2: Filtek™ Z250 > Tetric EvoCeram™ Bulk-fill > Z100™
Momento 4: Filtek™ Z250 = Tetric EvoCeram™ Bulk-fill > Z100™

Nivel Cromacidad: Grupo Sellado

Momento 0: Filtek™ Z250 = Z100™ > Tetric EvoCeram™ Bulk-fill
Momento 1: Z100™ > Filtek™ Z250 > Tetric EvoCeram™ Bulk-fill
Momento 2: Z100™ > Filtek™ Z250 > Tetric EvoCeram™ Bulk-fill
Momento 4: Z100™ > Filtek™ Z250 > Tetric EvoCeram™ Bulk-fill

Tabla 9. Hoja de cálculo de Microsoft Excel con los valores de las coordenadas L*, a* y b*, en los diferentes momentos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Muestra	Dosina	esfado	LM1	aM1	bM1	LM1	aM1	bM1	LM2	aM2	bM2	LM4	aM4	bM4
2	A	1	0	75	9	23	74	22	29	75	20	27	68	21	27
3	B	1	0	76	9	24	74	21	30	74	20	28	67	21	31
4	C	1	0	76	9	21	72	21	30	75	20	27	68	23	28
5	D	1	0	75	10	21	74	23	27	73	21	31	70	20	29
6	E	1	0	75	11	21	75	20	29	73	23	29	72	20	27
7	F	1	0	76	9	22	73	24	33	72	23	33	71	10	29
8	G	1	0	73	15	19	76	30	26	72	25	30	64	24	28
9	H	1	0	74	11	21	74	19	34	70	23	27	66	23	28
10	I	1	0	72	16	21	74	25	23	71	21	31	68	21	27
11	J	1	0	76	11	21	75	22	27	74	20	26	68	27	32
12	A	1	1	80	15	21	72	22	28	73	27	31	72	21	28
13	B	1	1	81	13	21	73	21	24	74	23	27	75	23	28
14	C	1	1	82	11	21	74	24	27	74	21	27	75	23	28
15	D	1	1	82	13	21	73	24	29	72	24	34	74	21	25
16	E	1	1	82	12	16	72	20	32	73	20	26	74	22	28
17	F	1	1	82	7	17	71	25	35	72	27	34	68	23	31
18	G	1	1	82	9	16	70	24	31	74	22	33	70	20	31
19	H	1	1	82	9	18	70	25	31	73	26	31	74	22	26
20	I	1	1	82	9	19	71	23	26	72	30	30	73	21	29
21	J	1	1	82	14	20	73	26	29	73	27	33	75	28	30
22	A	2	0	83	13	22	77	24	29	75	23	33	73	26	36
23	B	2	0	83	14	26	72	30	36	75	23	31	74	24	28
24	C	2	0	83	14	25	77	28	30	72	30	42	74	25	29
25	D	2	0	83	16	23	77	22	34	76	25	28	74	25	33
26	E	2	0	82	16	24	77	20	27	77	26	25	68	30	36
27	F	2	0	85	17	29	77	23	30	75	26	32	71	26	27
28	G	2	0	83	14	26	77	21	33	77	23	29	73	24	30
29	H	2	0	81	19	26	77	24	32	76	23	30	73	27	27
30	I	2	0	81	18	25	77	25	29	75	24	28	74	26	30
31	J	2	0	86	16	25	77	28	34	76	29	32	77	29	34
32	A	2	1	75	11	18	77	20	28	78	21	25	75	20	26
33	B	2	1	75	11	19	77	22	24	75	21	28	73	20	25
34	C	2	1	74	12	17	77	21	23	76	20	28	74	20	27

Tabla 10. Continuación de la hoja de cálculo de Microsoft Excel con los valores de las coordenadas L*, a* y b*, en los diferentes momentos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
34	C	2	1	74	12	17	77	21	23	76	20	28	74	20	27
35	D	2	1	74	12	19	77	21	26	79	20	29	74	20	26
36	E	2	1	74	12	20	77	22	25	77	22	25	73	20	25
37	F	2	1	73	15	19	77	21	21	79	21	26	74	20	28
38	G	2	1	76	11	20	78	21	25	79	22	24	74	21	24
39	H	2	1	74	13	20	77	20	28	77	22	27	72	23	24
40	I	2	1	75	14	19	77	21	28	77	21	26	78	21	25
41	J	2	1	79	9	19	78	23	29	79	25	28	76	24	33
42	A	3	0	79	5	15	75	17	23	77	18	26	71	19	21
43	B	3	0	75	7	18	73	14	24	76	12	25	65	23	28
44	C	3	0	77	6	15	75	12	23	76	15	25	69	18	23
45	D	3	0	80	3	17	78	15	25	77	11	28	65	21	22
46	E	3	0	77	6	16	78	11	23	76	14	24	63	24	25
47	F	3	0	80	2	22	78	13	26	75	14	28	71	21	29
48	G	3	0	75	7	18	78	11	25	75	19	25	74	20	25
49	H	3	0	80	6	16	75	10	26	71	18	32	74	20	25
50	I	3	0	77	8	16	74	12	27	72	19	27	69	21	25
51	J	3	0	79	4	16	77	15	37	80	13	27	74	19	27
52	A	3	1	78	9	12	77	23	21	78	19	25	75	20	24
53	B	3	1	78	13	10	76	17	26	77	19	25	75	21	26
54	C	3	1	81	8	15	78	19	27	78	15	24	72	20	18
55	D	3	1	84	7	22	78	16	27	77	21	26	73	21	27
56	E	3	1	81	7	16	77	17	26	76	21	23	74	21	21
57	F	3	1	82	11	14	76	14	23	78	18	21	75	21	25
58	G	3	1	81	7	13	77	17	27	74	19	26	74	21	27
59	H	3	1	84	6	14	77	18	32	72	22	32	76	20	22
60	I	3	1	84	8	14	77	18	26	78	18	24	75	20	23
61	J	3	1	85	5	18	77	19	26	79	20	28	74	25	28

A su vez, se realizó la estadística descriptiva para las estimaciones de los efectos Intra-Sujetos (Ver tabla 11) estimada por el intervalo de confianza (95%) expresada en estabilidad del color: momento 3 (Día 14) 83,269 (IC: 82,8 – 83,6) > momento 2 (Día 7) 83,200 (IC: 82,8 – 83,5) >

momento 1 (toma de color previo a la inmersión de café) 82,190 (IC: 81,7 – 82,6) > momento 4 (Día 28) 80,379 (IC: 79,7 – 80,9).

Seguido por una prueba por pares de Bonferroni (Ver tabla 12), para las comparaciones múltiples de la estabilidad del color entre los diferentes momentos en donde se puede observar de acuerdo al valor de $P \leq 0,05$, diferencias estadísticamente significativas entre el momento 1 (toma de color inicial previo a la inmersión de las muestras en café), a los 7 días de inmersión, a los 14 días de inmersión y a los 28 días de inmersión. Los únicos momentos que no presentan diferencia estadística significativa entre sí son el momento 2 (Día 7 de inmersión en café) y momento 3 (Día 14) con un valor de $P=1,000$.

Tabla 11. Estimaciones.

Estimates

Measure:Color_DE

Mome ntos	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	82,190	,218	81,753	82,628
2	83,200	,184	82,831	83,569
3	83,269	,191	82,886	83,651
4	80,379	,308	79,762	80,996

Tabla 12. Prueba por pares de Bonferroni para comparaciones múltiples.

Pairwise Comparisons

Measure:Color_DE

(I) Momentos	(J) Momentos	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-1,010 [*]	,228	,000	-1,634	-,385
	3	-1,078 [*]	,239	,000	-1,734	-,422
	4	1,811 [*]	,330	,000	,907	2,715
2	1	1,010 [*]	,228	,000	,385	1,634
	3	-,069	,212	1,000	-,650	,513
	4	2,821 [*]	,314	,000	1,962	3,680
3	1	1,078 [*]	,239	,000	,422	1,734
	2	,069	,212	1,000	-,513	,650
	4	2,889 [*]	,316	,000	2,023	3,755
4	1	-1,811 [*]	,330	,000	-2,715	-,907
	2	-2,821 [*]	,314	,000	-3,680	-1,962
	3	-2,889 [*]	,316	,000	-3,755	-2,023

Based on estimated marginal means

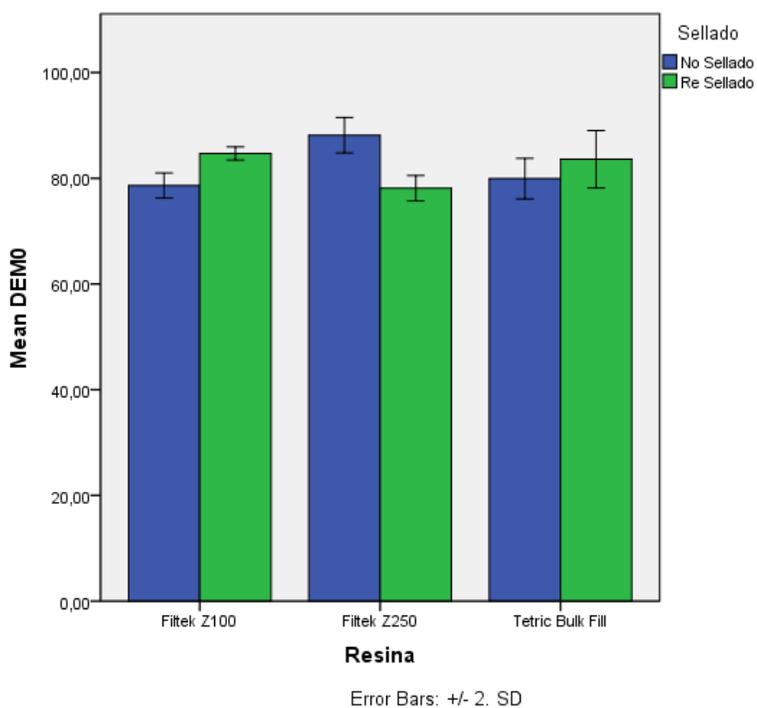


Gráfico 1. Estabilidad del color en función de la marca de resina compuesta, de acuerdo a la condición de sellado o no en el momento 0 (Toma inicial del color previo a la inmersión en café).

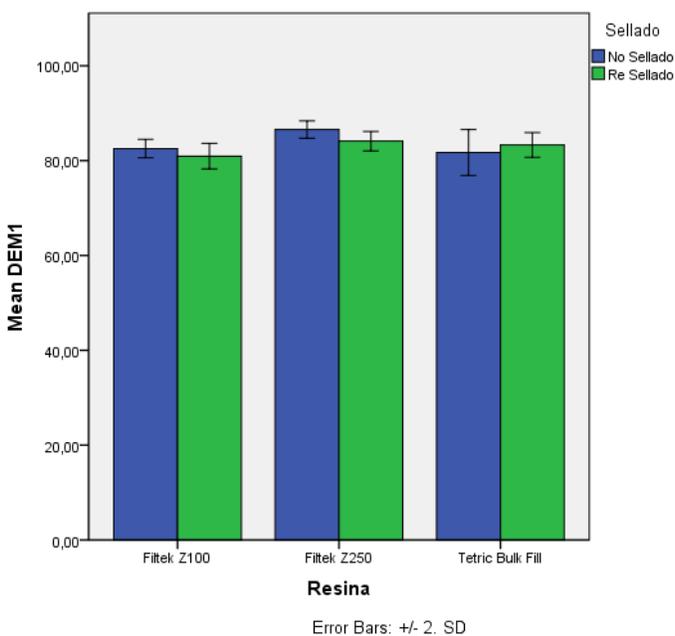


Gráfico 2. Estabilidad del color en función de la marca de resina compuesta, de acuerdo a la condición de sellado o no en el momento 1 (Día 7 de inmersión en café).

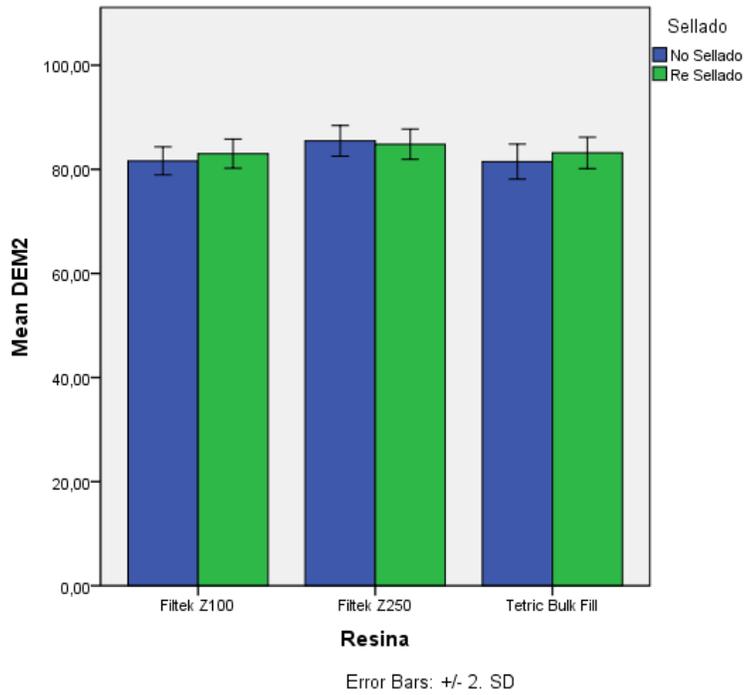


Gráfico 3. Estabilidad del color en función de la marca de resina compuesta, de acuerdo a la condición de sellado o no en el momento 2 (Día 14 de inmersión en café).

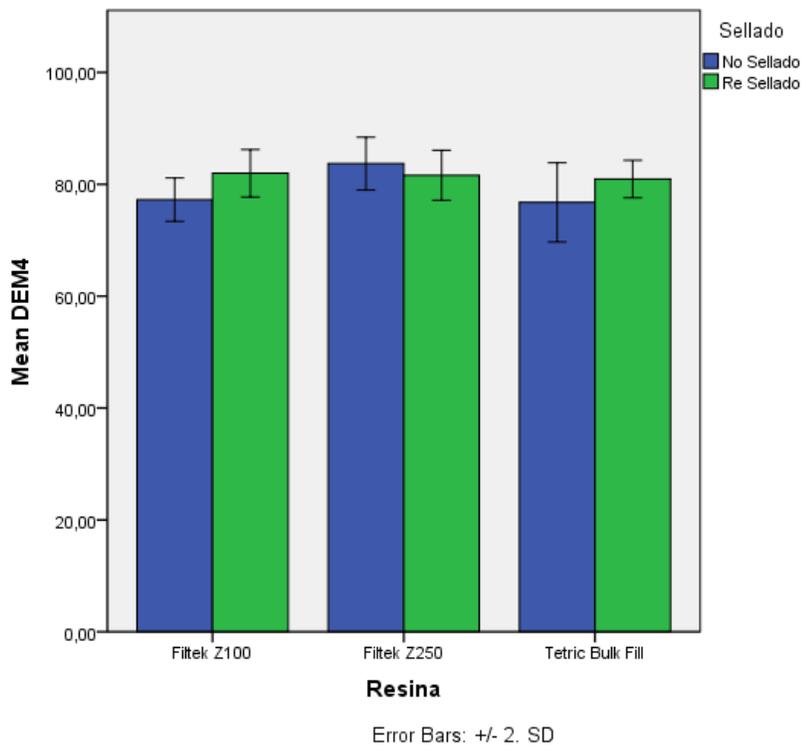


Gráfico 4. Estabilidad del color en función de la marca de resina compuesta, de acuerdo a la condición de sellado o no en el momento 4 (Día 28 de inmersión en café).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

En el presente estudio In Vitro se evaluó la estabilidad del color de tres resinas compuestas de baja contracción (Tetric EvoCeram™ Bulk-fill de Ivoclar, Vivadent; Filtek™ Z250 y Z100™ de 3M ESPE), al aplicar la técnica de sellado con adhesivo convencional (Adper single bond plus™ de 3M ESPE) al ser sometidas a pigmentación con café. Se seleccionó la resina Tetric EvoCeram™ Bulk-fill (Ivoclar, Vivadent) pues, al ser relativamente nueva en el mercado, existe controversia respecto a su efectividad y carencia científica sobre la estabilidad del color de la misma. Se incluyeron resinas de química convencional a base de metacrilato (Filtek™ Z250 y Z100™) ya que su comportamiento es predecible, son de las más utilizadas en el ámbito odontológico y sirven para comparar el comportamiento de la resina Tetric EvoCeram™ Bulk-fill (Ivoclar, Vivadent).

Actualmente ha aumentado la necesidad del clínico de realizar restauraciones estéticas e imperceptibles clínicamente tanto en el sector anterior como en el sector posterior, para compensar la creciente demanda estética de los pacientes. Aunado a esto, la estabilidad del color en el tiempo de una restauración de resina compuesta es una cualidad que puede indicar el éxito o fracaso de la misma y se ha observado que es una de las principales fallas clínicas que conlleva al reemplazo de una restauración.

La bibliografía reporta diferentes métodos para evaluar la estabilidad del color, existiendo variaciones metodológicas desde el punto de vista del instrumento de medición y el protocolo a llevar a cabo.

El protocolo más comúnmente utilizado para evaluar la estabilidad del color de resinas compuestas es la inmersión de unidades de análisis en sustancias con alta capacidad de pigmentación tales como té, café, vinotinto, refrescos, entre otros^{10,23,25,27,57,59,71} la inmersión de las muestras puede ser total^{10,23,25,57,59,71} o parcial, dejando una de las superficies de las unidades de análisis fuera del contacto con la sustancia⁵⁸. A su vez, el tiempo de inmersión puede ser prolongado²⁷ o por ciclos, intercalando la inmersión entre la sustancia experimental y una sustancia control como por ejemplo saliva artificial^{21,57}, agua destilada²³ ó simplemente dejando las unidades de análisis fuera de la sustancia pigmentante durante algunas horas entre un periodo de exposición y otro⁷⁰. Algunas investigaciones utilizan otros métodos tales como termociclado de las muestras previo a la inmersión en sustancias pigmentantes^{23,53}, simulación de envejecimiento acelerado con cámara de condensación⁶², entre otros.

En la bibliografía se reportan tiempos de inmersión desde 24 horas^{25,27,57}, 48 horas^{10,58}, 72 horas⁵⁹, 1 semana^{53,70}, 4 semanas^{23,35,57,96} y de 90 días en adelante²¹ y se ha evidenciado que como instrumento de recolección de datos los más utilizados son el espectrofotómetro^{10,21,23,53,58,59,70}, colorímetro^{25,57}, estereomicroscopio⁶¹, microscopio de barrido⁶⁹ y sistemas de análisis digital como el escáner y la fotografía digital^{4,37} gracias a que son métodos objetivos, reproducibles y rápidos.

En esta investigación se seleccionó una metodología que cumpliera con las posibilidades de los autores.

Para la realización de las unidades de análisis se colocó una banda de Mylar en la superficie del disco de resina antes de polimerizar; ya que diferentes investigaciones^{33,35,97,98} afirman que este protocolo da una

superficie mucho mas lisa y sin defectos que utilizando cualquier otro sistema de pulido. Es por ello que en este estudio se empleó esta técnica, pues la selección de algún sistema de acabado y pulido añadiría una variable extra que no era de interés para esta investigación.

Los procedimientos de acabado y pulido pueden mejorar la superficie de las restauraciones, sin embargo algunos autores expresan la relación entre estos procedimientos y la decoloración temprana de la resina compuesta^{33,53}.

Una vez obtenidas las unidades de análisis, se aplicó una capa de adhesivo Adper Single Bond Plus™ de 3M ESPE como agente sellador.

Se seleccionó el adhesivo Adper Single Bond Plus™ de 3M ESPE porque tiene la misma matriz que la mayoría de los agentes selladores comerciales, Bis-GMA y otros dimetacrilatos^{82,83}, característica que posiblemente supondría un comportamiento similar entre ambos elementos.

Seguidamente las unidades de análisis se mantuvieron en agua destilada a $37^{\circ}\text{C}\pm 1$ durante 24 horas para completar la polimerización y lograr la rehidratación de las muestras tal como se observó en los estudios consultados^{23,71}; luego se realizó la toma de color inicial y posteriormente la inmersión total, es decir la muestra estaba completamente sumergida en café hasta la siguiente toma de color. La inmersión en café se realizó durante 28 días, este periodo de exposición equivale a aproximadamente 2 años de consumo^{35,58,96}.

Para la evaluación del color se empleó el sistema CIEL*a*b el cual es un método estandarizado para medir las variaciones de color basándose en la percepción humana.

El sistema CIEL*a*b mide la estabilidad del color según la variación de la ecuación de delta E (ΔE) la cual representa la magnitud de la diferencia, en la diferencia de color donde la coordenada L* representa la luminosidad y a* y b* la cromacidad⁹⁰.

Además, ha sido ampliamente utilizado en investigaciones previas^{10,23,27,33,35,36,48,51,58,70} debido a su eficacia para evaluar los cambios de color de manera objetiva y repetible. Paravina y cols., en una revisión sistemática realizada en el 2019 reportan que los valores de ΔE deben estar en un rango ≤ 2.7 para ser clínicamente aceptables⁹⁴.

A su vez, se llevó a cabo una observación asistida con escáner y el software Adobe photoshop debido a las ventajas que ofrece el uso de este software, el cual permite realizar la medición del color en la escala CIEL*a*b de cualquier zona que se seleccione en una fotografía o imagen de una manera objetiva y precisa, sin alterar la calidad de la imagen que se obtiene a través de un escáner; en el caso de esta investigación se calibró el escáner a 1200 DPI para garantizar la misma calidad en la imagen en cada toma de color.

Es importante destacar que el no poder simular las condiciones de la cavidad bucal en la realización de este estudio con respecto a la temperatura, presencia de saliva, pH y en que no todas las superficies de una restauración están en contacto con las sustancias pigmentantes en condiciones reales, se consideran dificultades que pudieran haber influido en los resultados.

Al procesar los resultados se evidenció que si existe una diferencia en la estabilidad del color (ΔE) entre una marca de resina y otra.

El comportamiento de la resina compuesta Filtek™ Z250 fue diferente al de las resinas compuestas Tetric EvoCeram™ Bulk fill y Z100™.

Desde el momento 0 (Toma de color inicial) se puede observar que la resina compuesta Filtek™ Z250 siempre tuvo un valor de ΔE superior al resto de las resinas en los 28 días de duración del experimento y que la resina compuesta Tetric EvoCeram™ Bulk-fill y la resina compuesta Z100™ tuvieron un comportamiento bastante similar.

Con respecto al grupo experimental de resina compuesta Filtek™ Z250, se observa que en el momento inicial presentó valores de ΔE inferiores a las otras dos resinas compuestas. Hay un aumento clínicamente perceptible de los valores de ΔE en el día 7, ya que hay un aumento en los valores de la coordenada a^* y b^* , dicho aumento de las coordenadas a^* y b^* se mantiene hasta el día 28 y se observa una disminución de los valores de L^* .

El grupo control (no sellado) desde el inicio tiene valores de ΔE más altos que el grupo de Filtek™ Z250 con sellado. El día 7 aumentan los valores de las coordenadas a^* y b^* y disminuye la luminosidad, este mismo patrón de aumento de las coordenadas a^* y b^* se observa en el día 14 y se mantiene en el día 28. Para el día 28 la luminosidad está bastante por debajo de los valores de luminosidad iniciales y se observa el aumento de a^* y b^* .

La resina compuesta Filtek™ Z250 de ambos grupos, experimental y control sufrió cambios clínicamente perceptibles.

El grupo experimental de resina compuesta Z100™, inicialmente tiene valores altos de luminosidad y valores de la coordenada a^* y b^* significativamente más bajos que las otras dos resinas. En el día 7

disminuye la luminosidad y aumentan los valores de a^* y b^* , patrón que se mantiene hasta el día 28.

El día 28 con respecto a la toma de color inicial, muestra disminución de la luminosidad y aumento de los valores de a^* y b^* .

En el caso del grupo control de la resina compuesta Z100™, los valores iniciales de luminosidad son un poco más bajos que los de la resina Z100™ con sellador y los valores de las coordenadas a^* y b^* similares a la resina Z100™ con sellador. En el día 7 la luminosidad se mantiene igual, pero a^* y b^* aumentan significativamente y se mantienen estos valores hasta el día 28. Al igual que en su condición con sellador, la resina Z100™ en el día 28 con respecto al inicial, muestra disminución de la luminosidad y aumento de los valores de a^* y b^* .

A pesar de estas variaciones, de acuerdo a los valores obtenidos de ΔE del grupo control y experimental de la resina Z100™, los cambios no fueron clínicamente perceptibles, ni significativos a lo largo del experimento.

Por otra parte, la resina compuesta Tetric EvoCeram™ Bulk-fill, tuvo un comportamiento similar a la resina Z100™ y tanto el grupo control como el experimental tuvieron un comportamiento parecido; con valores altos de luminosidad y valores bajos en la coordenada a^* y b^* en la toma de color inicial. Seguidamente en el día 7 se observa una disminución en los valores de la luminosidad y aumento de los valores de a^* y b^* . Este comportamiento se mantiene hasta el día 28.

En el día 28 con respecto al día de la toma de color inicial, se observa un aumento de las coordenadas a^* y b^* y una disminución de los valores de la coordenada L^* .

El grupo experimental de la resina compuesta Tetric EvoCeram™ Bulk-fill presentó cambios que fueron clínicamente aceptables y el grupo control mostró cambios clínicamente perceptibles.

Las tres resinas compuesta tienen un factor en común, el aumento significativo de los valores de la coordenada a^* y b^* en el día 7, que se mantienen en el mismo rango hasta el día 28.

Los valores de ΔE de los grupos control y experimental en el día 28 son más bajos que los de la toma de color inicial, por una disminución de los valores de la coordenada L^* y aumento de las coordenadas a^* y b^* del sistema CIEL*a*b.

De acuerdo a los resultados de este estudio, no hay diferencia en la estabilidad del color de las resinas Filtek™ Z250, Tetric EvoCeram™ bulk-fill y Z100™ al aplicar adhesivo Single Bond Plus™ de 3M ESPE como sellador de superficie.

Sin embargo, los resultados sugieren que para algunas marcas de resina pudiera funcionar el sellado y para otras no.

La aplicación de adhesivo como sellador parece funcionar en la resina Tetric EvoCeram™ Bulk-fill ya que a pesar de presentar valores de ΔE más altos que el grupo sin sellado, estos valores fueron estables en el tiempo y los cambios en el día 28 eran clínicamente aceptables.

Diferentes autores concuerdan en que en general, la matriz de la resina puede influenciar la estabilidad del color^{22,23,33,35,36,58}.

Sosa y cols., en el año 2014 indican que la composición de la matriz de resina afecta la absorción de agua, la solubilidad, la hidrofilia y la microestructura, lo que influye en la estabilidad del color a largo plazo.

A pesar de ser resinas del mismo tono (A2) las diferencias en los pigmentos utilizados por cada fabricante pueden influir en el comportamiento de éstas, específicamente en la decoloración interna, aun al estar sometidas a las mismas condiciones. Diferentes estudios reportan que no existe una concordancia entre los colores de las resinas compuestas y las guías de color comúnmente utilizadas en el ámbito odontológico ya que no existe una guía universal, por lo tanto, es difícil que exista una estandarización de los tonos para que las resinas compuestas sean exactamente iguales entre distintas marcas de fabricantes⁹⁹⁻¹⁰¹.

Las resinas compuestas Filtek™ Z250 y Tetric EvoCeram™ Bulk-fill contienen los mismos componentes en su matriz Bis-GMA, Bis-EMA y UDMA mientras que la resina Z100™ contiene Bis-GMA y TEGDMA.

Los monómeros de Bis-GMA son más susceptibles a la pigmentación que los de UDMA²⁷, debido a que las resinas que contienen en mayor cantidad Bis-GMA pueden tener mayores características hidrofílicas y aumentar la absorción de agua en mayor medida que aquellas que contienen mayor cantidad de UDMA^{4,33,35}.

A su vez, se ha encontrado que las resinas que contienen mayor cantidad de TEGDMA muestran mayor absorción de agua²⁷.

Los monómeros de UDMA tienen menor potencial de pigmentación, esto se le puede atribuir a la baja viscosidad, baja absorción de agua y su exitosa polimerización con luz visible^{27,33}.

También diferentes autores han especulado con respecto a si el relleno inorgánico de las resinas afecta la estabilidad del color^{4,23,36}, dado que su tamaño, tipo, distribución y afinidad con la matriz de la resina puede influenciar la absorción y adsorción de los colorantes⁴.

La absorción de agua ocurre generalmente por absorción directa de la matriz de la resina. Una absorción excesiva de agua puede disminuir la vida de la resina compuesta plastificándola y expandiendo el componente resinoso, causando la formación de microgrietas. Como resultado, las microgrietas en la interfase entre el relleno y la matriz, favorecen la penetración de pigmentos y la decoloración. En adición, la decoloración puede deberse a las diferencias en el índice de refracción del relleno y la matriz el cual puede aumentar luego de la absorción de agua³⁶.

Tomando en cuenta estos datos, se podría inferir que la resina compuesta con mayor potencial de pigmentación sería Z100™, por lo tanto los resultados de esta investigación difieren a la teoría.

Se ha sugerido en investigaciones previas que la silanización de las partículas de relleno juega un rol importante en la decoloración de las resinas, esto se debe a que un alto contenido de silano está relacionado con niveles altos de absorción de agua. De acuerdo con Topcu y cols., en un estudio realizado en el año 2009, los valores de ΔE más altos que el resto de las resinas compuestas empleadas en este estudio que sufrió la resina Filtek™ Z250 se pueden atribuir a la alta proporción de silano presente en la estructura de este material²⁷.

En esta investigación de acuerdo a los resultados, Filtek™ Z250 siempre presentó valores de ΔE más altos, tanto en su condición sellada como no sellada. Alshetili y cols., llevaron a cabo un estudio en el 2016, en el cual explican que la pigmentación de la resina Filtek™ Z250 posiblemente se debe a microgrietas ubicadas en la interfase entre el relleno y la matriz de la resina, las cuales aumentan el riesgo de penetración de pigmentos y que la

rugosidad de la superficie causada por la degradación química puede afectar el sellado y en consecuencia aumentar la pigmentación extrínseca²⁶.

El comportamiento similar de las resinas compuestas Z100™ y Tetric EvoCeram™ Bulk-fill puede atribuirse a que la resina Tetric EvoCeram™ Bulk-fill es más translúcida ya que esto permite una mayor profundidad de curado^{77,78} y la Z100™ tiene un alto contenido de relleno de zirconio/silice (66%) característica que le confiere mayor translucidez^{75,102}.

A lo largo de los años la evolución en los materiales dentales se ha encaminado entre otros aspectos, hacia la creación de agentes que disminuyan los cambios de coloración de las resinas compuestas, la cual sigue siendo uno de los principales problemas en las restauraciones a largo plazo. Es por ello que han incursionado en el mercado los selladores de superficie de baja viscosidad, los cuales tienen como finalidad penetrar en las microporosidades y microgrietas para darle mayor integridad a la superficie de la restauración, lo que pudiera influir positivamente ante aspectos como la microfiltración y la resistencia a la pigmentación extrínseca. Autores como Saygi y cols., en el 2015, han especulado acerca de la efectividad de un agente adhesivo para tal fin²³.

De acuerdo a los resultados de este estudio, no hay diferencia estadísticamente significativa en la estabilidad del color de las resinas compuestas Filtek™ Z250, Tetric EvoCeram™ bulk-fill y Z100™ al aplicar adhesivo Adper Single Bond Plus™ de 3M ESPE como sellador de superficie.

En un estudio realizado por Saygi y cols., en el año 2015, no hubo diferencia estadísticamente significativa en la estabilidad del color de las resinas compuestas que fueron selladas con selladores comerciales y con el adhesivo Adper Single Bond 2™ de 3M ESPE²³.

Las resinas incluidas en este estudio tienen buenas propiedades químicas y al garantizar buena polimerización esto posiblemente influyó en que no existiera una diferencia significativa en los valores de ΔE entre una resina compuesta y otra, aun así se debe destacar que posiblemente se obtendrían resultados diferentes al realizar unidades de análisis de 4mm de grosor de la resina compuesta Tetric EvoCeram™ Bulk-fill.

En este estudio el sellado parece ser relevante en cierto momento y en un estudio más largo posiblemente a partir de los 28 días en adelante, se pueda evidenciar un mejor desempeño del sellado en la estabilidad del color de las resinas compuestas.

En esta investigación se realizó la inmersión total de las unidades de análisis en concordancia con los estudios consultados ^{10,23,25,27,57,59,71}, mientras que en otras investigaciones como se mencionó anteriormente utilizan la inmersión parcial o intercalan ciclos de exposición a la sustancia pigmentante y a una sustancia control. Tal como Saygi y cols., 2015, quienes realizaban la inmersión en café tres veces al día durante 15min²³ o Fujita y cols., en el 2006, quienes modificaban este protocolo a una inmersión durante 7 horas y 17 horas en saliva artificial⁵⁷. El protocolo seleccionado en esta investigación pudiera haber influido en que la aplicación del adhesivo como sellador no tuviese el efecto deseado.

Son numerosos los estudios que muestran la capacidad de pigmentación del café ^{4,21,59,23,27,33,35,36,48,52,57}.

El café puede pigmentar por absorción y adsorción de sus colorantes en la superficie y en la fase orgánica de las resinas compuestas^{27,48} y por la

presencia de moléculas de pigmentos amarillos y su afinidad a la cadena de polímeros presente en las resinas^{4,23,35,48,52}.

Postiglione Bühner y cols., en el 2008 indican que la absorción de los pigmentos amarillos presentes en el café aumentaría los valores de la coordenada b^* del sistema CIEL $*a^*b^*$ ⁴⁸.

Se reportó la susceptibilidad de las resinas compuestas a la pigmentación al ser expuestas al café durante determinados periodos de tiempo, presentando similitud con los resultados de numerosas investigaciones^{4,10,23,27,33,35,36,52,57,59}.

Basándonos en las dificultades encontradas en esta investigación se recomienda realizar estudios a largo plazo donde se simule de manera más apropiada las condiciones de la cavidad bucal para evidenciar el efecto del sellado con adhesivo convencional sobre la estabilidad del color de resinas compuestas y realizar discos de resinas compuestas bulk-fill o monoincrementales de mayor grosor para evaluar su comportamiento.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En las condiciones en las que fue realizado este estudio:

1- Si existen diferencias en la estabilidad del color entre las resinas compuestas Tetric EvoCeram™ Bulk-fill (Ivoclar,Vivadent), Filtek™ Z250 y Z100™ (3M ESPE).

2- La resina compuesta Filtek™ Z250 (3M ESPE) presentó una variación del color superior a las resinas Tetric EvoCeram™ Bulk-fill (Ivoclar,Vivadent) = Z100™ (3M ESPE).

3- La aplicación del adhesivo Adper Single Bond Plus™ de 3M ESPE como sellador de superficie no mejora de manera significativa la estabilidad del color de las resinas compuestas Tetric EvoCeram™ Bulk-fill (Ivoclar,Vivadent), Filtek™ Z250 y Z100™(3M ESPE). .

4- En las condiciones que se realizó esta investigación la exposición prolongada al café si modifica la estabilidad del color de las resinas compuestas Tetric EvoCeram™ Bulk-fill (Ivoclar,Vivadent) y Filtek™ Z250 y Z100™ de 3M ESPE.

5- Si existe un cambio de los valores de la luminosidad en los diferentes momentos, para las marcas de resina incluidas en este estudio.

6- Si existe una variación en los valores de cromacidad en los diferentes momentos en todos los grupos de resina compuesta estudiados.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda llevar a cabo estudios a largo plazo donde exista una simulación más cercana a las condiciones reales de la cavidad bucal y donde se emplee un número mayor de unidades de análisis.
- Realizar estudios donde se evalúe la efectividad del adhesivo como sellador ante la pigmentación de otras sustancias de consumo cotidiano.
- Realizar estudios en donde se comparen diferentes adhesivos entre sí y con selladores comerciales.
- Continuar con esta línea de investigación realizando discos de resina para técnica bulk-fill o monoincremental de diferentes grosores para determinar si esto influye en la estabilidad del color.

ANEXOS

Anexo 1. Materiales e Instrumental utilizado en la prueba piloto.



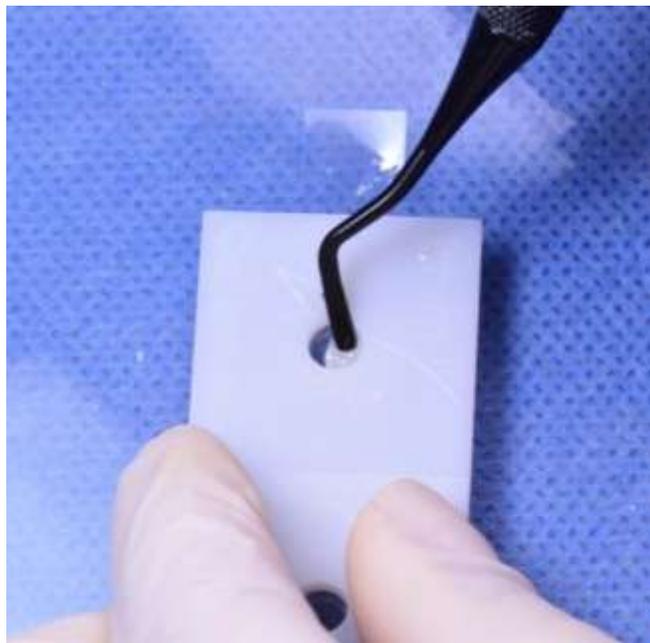
Anexo 2. Adhesivo One Coat Bond SL™ utilizado en la prueba piloto.



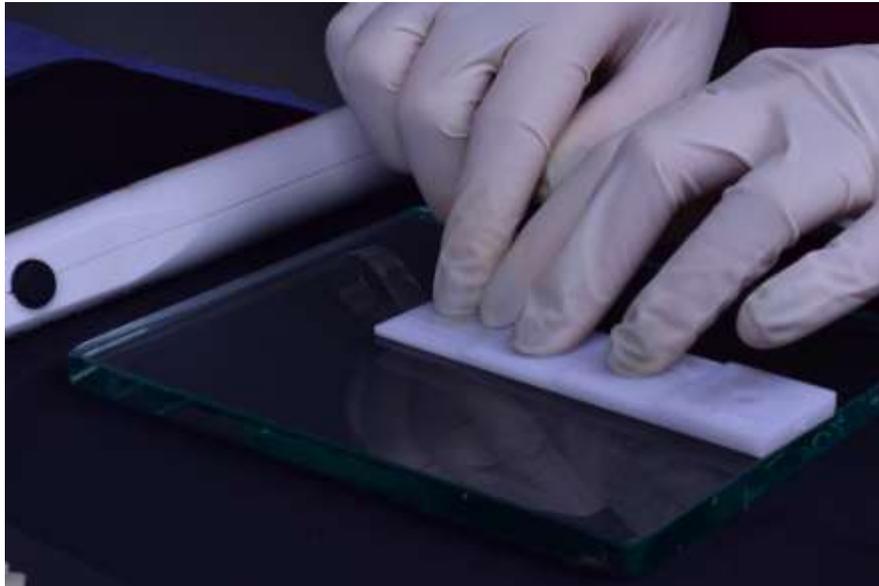
Anexo 3. Materiales e Instrumental utilizado en el experimento.



Anexo 4. Elaboración de los discos de resina compuesta.



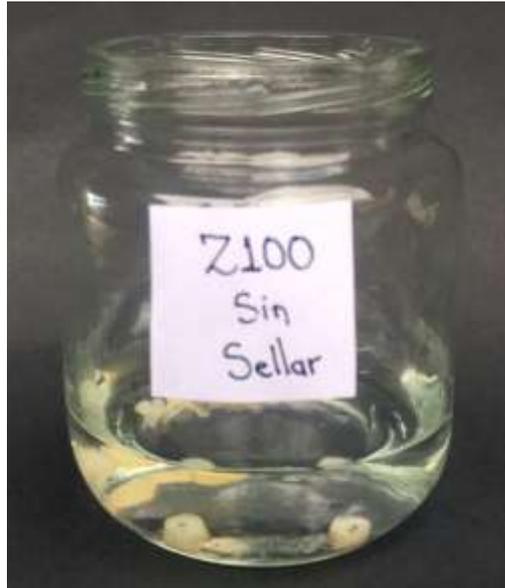
Anexo 5. Ubicación de la banda de Mylar previo al fotocurado del disco de resina.



Anexo 6. Aplicación de adhesivo Adper Single Bond Plus™ de 3M ESPE como sellador de superficie.



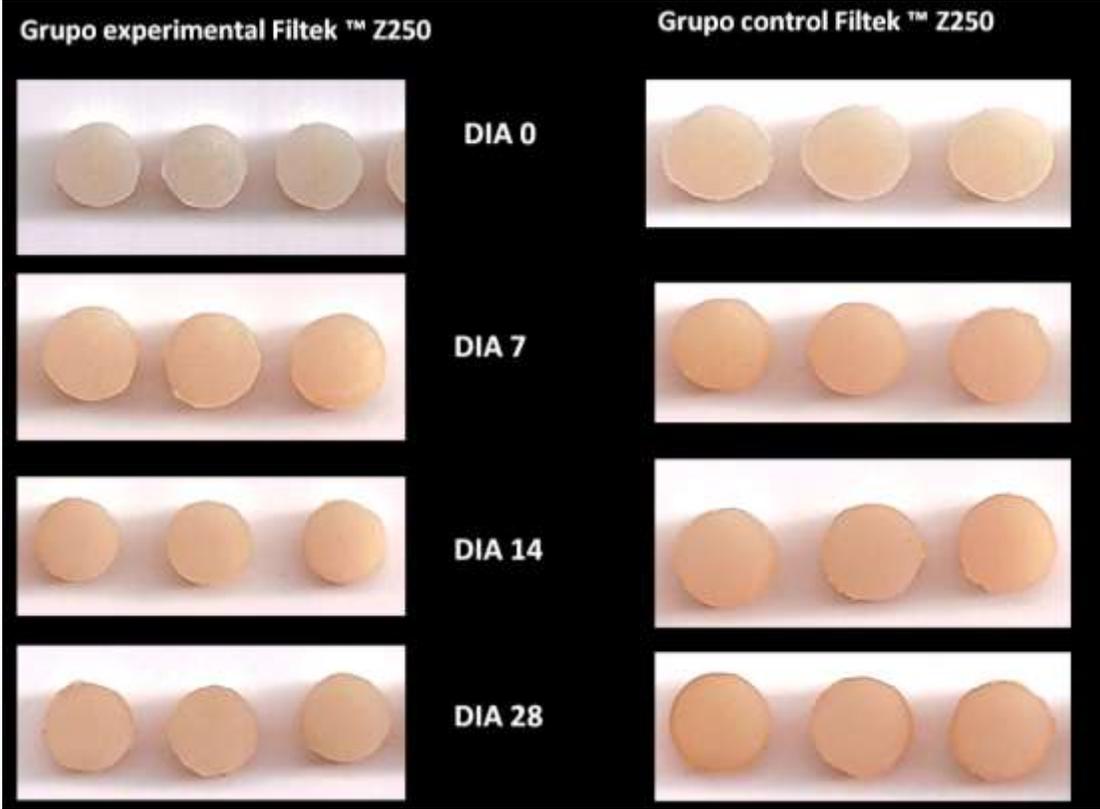
Anexo 7. Inmersión de las unidades de análisis en agua destilada.



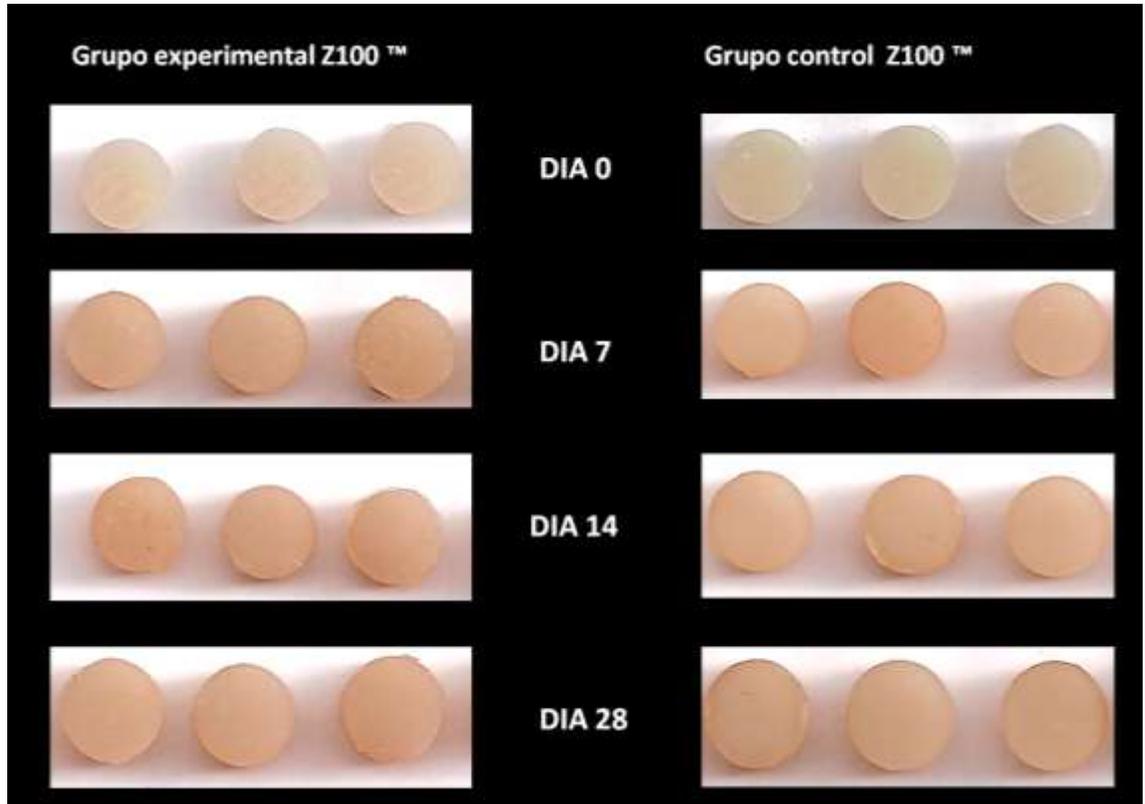
Anexo 8. Inmersión de las unidades de análisis en café.



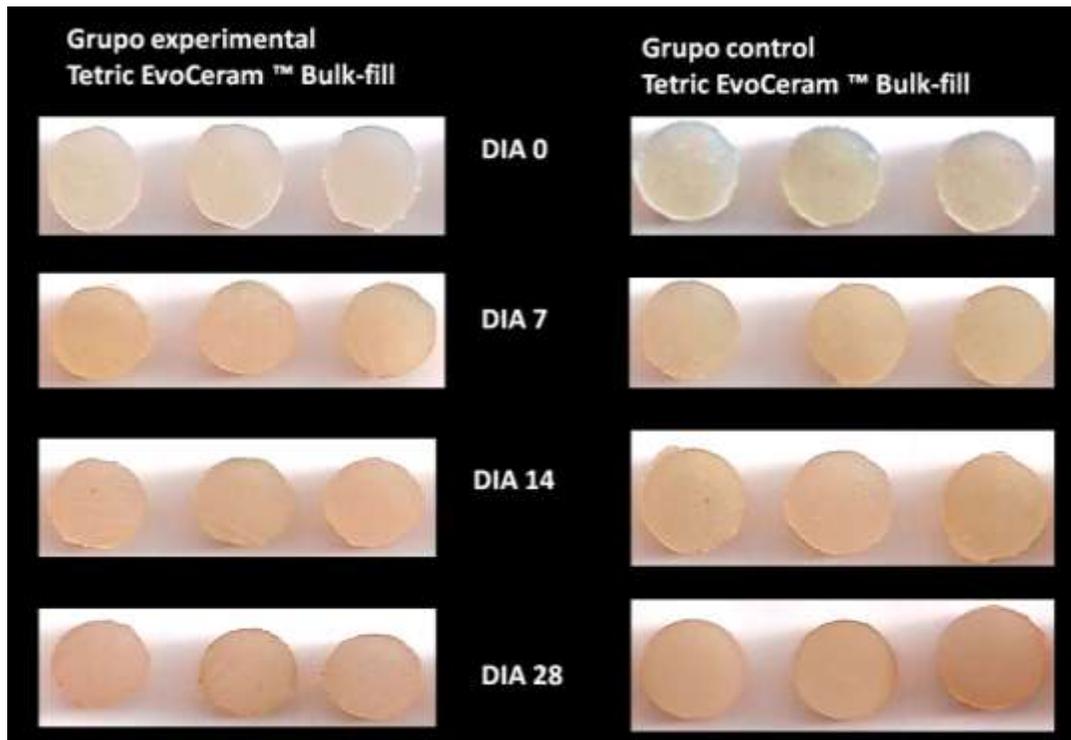
Anexo 9. Comparación de las imágenes obtenidas por el escáner de los discos de resina del grupo experimental y grupo control de la resina compuesta Filtek™ Z250 en los diferentes momentos.



Anexo 10. Comparación de las imágenes obtenidas por el escáner de los discos de resina del grupo experimental y grupo control de la resina compuesta Z100™ en los diferentes momentos.



Anexo 10. Comparación de las imágenes obtenidas por el escáner de los discos de resina del grupo experimental y grupo control de la resina compuesta Tetric EvoCeram™ Bulk-fill en los diferentes momentos.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Sakaguchi R, Powers J. Craig's restorative dental materials. thirteen e. United states: ELSEVIER; 2012.
2. Pereira N, Rodriguez D. EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS ACTUALES EN RESINAS COMPUESTAS. acta Odontol Venez. 2008;46(3).
3. Dell'acqua A, Espinosa Hernandez R, Fernández-Bodereau E, Henao Pérez D, Kohen S MJ. Estética en Odontología Restauradora [Internet]. 1.^a ed. madrid: Ripano SA; 2006. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/33315960/Est-Tica-en-Odontologia-Restauradora>
4. Sosa D, Peña D, Setien V RJ. Alteraciones del color en cinco resinas compuestas para el sector posterior pulidas y expuestas a diferentes bebidas. Rev Venez Investig Odontol la IADR [Internet]. 2014;2(2):92 – 105. Disponible en: <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/rvio/article/view/5282>
5. da Costa J, Vargas M, Swift EJ, Anderson E, Ritter S. Color and contrast ratio of resin composites for whitened teeth. J Dent. 2009;37(SUPPL. 1):27-33.
6. Karaman E, May O. Influence of Different Staining Beverages on Color Stability , Surface Roughness and Microhardness of ... Influence of Different Staining Beverages on Color Stability , Surface Roughness and Microhardness of Silorane and Methacrylate-based Composite Resin. 2015;15(January):319-25.
7. Phillips. AK. Ciencia de los materiales dentales [Internet]. 11.^a ed. Madrid; 2004. Disponible en: https://books.google.co.ve/books?id=4UnIFbmAUqEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
8. Ferracane JL. Resin composite - State of the art. Dent Mater [Internet]. 2011;27(1):29-38. Disponible en: [http://www.demajournal.com/article/S0109-5641\(10\)00463-X/abstract](http://www.demajournal.com/article/S0109-5641(10)00463-X/abstract)
9. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. Eur J Oral Sci [Internet]. 1997;105(2):97-116. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0722.1997.tb00188.x/abstract>
10. Pedroso LB, Barreto LFC, Miotti LL, Nicoloso GF, Durand LB. Effect of a surface sealant on the color stability of composite resins after immersion in staining solution. Gen Dent [Internet]. 2016;64(2):e22-5. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/297583871_Effect_of_a_surface_sealant_on_the_color_stability_of_composite_resins_after_immersion_in_staining_solution
11. Stansbury J. Curing dental resins and composites by photopolymerization. J Esthet Dent [Internet]. 2000;12(6):300-8.

- Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14743525>
12. Eliza Burlamaqui Klautau., Karina Kato Carneiro., Marcelo Figueiredo Lobato., Sissy Maria Mendes Machado. MHS e SJ. Low shrinkage composite resins: Influence on sealing ability in unfavorable C-factor cavities. *Braz Oral Res.* 2011;25(1):5-12.
 13. Dos Santos P, Petromilli P, Botta A GR. Composite resin color stability: influence of light sources and immersion media. *J Appl Oral Sci* [Internet]. 2011;19(3):204–211. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4234330/>
 14. Ren YF, Feng L, Serban D, Malmstrom HS. Effects of common beverage colorants on color stability of dental composite resins: The utility of a thermocycling stain challenge model in vitro. *J Dent* [Internet]. 2012;40(SUPPL. 1):48-56. Disponível em: [http://www.jodjournal.com/article/S0300-5712\(12\)00112-1/pdf](http://www.jodjournal.com/article/S0300-5712(12)00112-1/pdf)
 15. Mahmood Khosravi., Behnaz Esmaeili., Forough Nikzad. SK. Color stability of nanofilled and microhybrid resin-based composites following exposure to chlorhexidine mouthrinses: An in vitro study. *J Dent Tehran Univ Dent Sci.* 2016;13(2):116-25.
 16. da Silva EM, Poskus LT, Guimarães JGA. Influence of Light-polymerization Modes on the Degree of Conversion and Mechanical Properties of Resin Composites: A Comparative Analysis Between a Hybrid and a Nanofilled Composite. *Oper Dent* [Internet]. 2008;33(3):287-93. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18505219> <http://www.jopdentonline.org/doi/abs/10.2341/07-81>
 17. Mehdi Shirinzad., Loghman Rezaei-Soufy., Maryam Sadat Mirtorabi. FV. Effect of accelerated artificial aging on translucency of methacrylate and silorane-based composite resins. *J Dent Tehran* [Internet]. 2016;13(2):92-100. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5139936/>
 18. G. Abbas, G.J.P. Fleming, E. Harrington, A.C.C. Shortall FJTB. Cuspal movement and microleakage in premolar teeth restored with a packable composite cured in bulk or in increments. *Elsevier.* 2003;31:437-44.
 19. Mjor Ivar. QV. Marginal failures of amalgam and composite restorations. *Elsevier* [Internet]. 1997;25(1):25-30. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9080736>
 20. Singh K, Suvarna S, Agnihotri Y, Sukant S, Kumar P. Color stability of aesthetic restorative materials after exposure to commonly consumed beverages: A systematic review of literature. *Eur J Prosthodont* [Internet]. 2014;2(1):15-22. Disponível em: <http://www.eurjprosthodont.org/article.asp?issn=2347-4610;year=2014;volume=2;issue=1;spage=15;epage=22;aulast=Singh>
 21. Penazzo LC, Guenka PR. Influence of Surface Sealant on the Color-Stability of a Composite Resin Immersed in Different Beverages. 2014;1-5.

22. Khatri A, Nandlal B. Staining of a Conventional and a Nanofilled Composite Resin Exposed in vitro to Liquid Ingested by Children. *Int J Clin Pediatr Dent* [Internet]. 2010;3(3):183-8. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27616840><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4993824>
23. Saygi G, Karakoc P, Serbes I, Erdemir U, Yuçel T. Effect of surface sealing on stain resistance of a nano-hybrid resin composite. *J Istanbul Univ Fac Dent* [Internet]. 2015;49(2):23-30. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5573481/>
24. Falkensammer F, Arnetzl GV, Wildburger A, Freudenthaler J. Color stability of different composite resin materials. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2013;109(6):378-83. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60323-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60323-6)
25. Ertuş E, Güler A, Yücel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J* [Internet]. 2006;25(2):371-6. Disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/dmj/25/2/25_2_371/_pdf
26. ALShetili MS, Al-Omari M. Color stability of nano-filled, micro-hybrid, and silorane-based dental composite resin materials. *Saudi J Oral Sci* [Internet]. 2016;3(1):42-8. Disponible en: <http://www.saudijos.org/text.asp?2016/3/1/42/174336>
27. Topcu FT, Sahinkesen G, Yamanel K, Erdemir U, Oktay EA, Ersahan S. Influence of different drinks on the colour stability of dental resin composites. *Eur J Dent* [Internet]. 2009;3(1):50-6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2647959/pdf/0030050.pdf>
28. Barutçigil C, Barutçigil K, Özarslan M, DüNDAR A, Yılmaz B. Color of bulk-fill composite resin restorative materials. *J Esthet Restor Dent* [Internet]. 2017; Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28960790>
29. Kang A, Son S-A, Hur B, Kwon YH, Ro JH, Park J-K. The color stability of silorane- and methacrylate-based resin composites. *Dent Mater J* [Internet]. 2012;31(5):879-84. Disponible en: <http://jlc.jst.go.jp/DN/JST.JSTAGE/dmj/2012-082?lang=en&from=CrossRef&type=abstract>
30. Catelan A, Fraga L, Sundfeld RH, Coelho M, Henrique P. Color stability of sealed composite resin restorative materials after ultraviolet artificial aging and immersion in staining solutions. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2007;105(4):236-41. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913\(11\)60038-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913(11)60038-3)
31. Gotteland M, Saturnino de Pablo V. ALGUNAS VERDADES SOBRE EL CAFÉ. *Rev Chil Nutr* [Internet]. 2007;34(2):105-15. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182007000200002&script=sci_arttext
32. Paravina R, O'Neill P, Swift E, Nathanson D, Goodacre C. Teaching of

- color in predoctoral and postdoctoral dental education in 2009. Elsevier [Internet]. 2010;38s:e38 – e40. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20599463>
33. Arregui M, Giner L, Ferrari M, Valles M, Mercade M. Six-month color change and water sorption of 9 new-generation flowable composites in 6 staining solutions. *Braz Oral Res* [Internet]. 2016;30(1):1-12. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242016000100314&lng=en&nrm=iso&tlng=en
 34. Lauvahutanon S, Iwasaki N, Oki M, Finger WJ. Discoloration of various CAD / CAM blocks after immersion in coffee. *Restor Dent Endod* [Internet]. 2017;9-18. Disponible en: <https://rde.ac/Synapse/Data/PDFData/2185RDE/rde-42-9.pdf>
 35. Arocha MA, Mayoral JR, Lefever D, Mercade M, Basilio J, Roig M. Color stability of siloranes versus methacrylate-based composites after immersion in staining solutions. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2013;17(6):1481-7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22993112>
 36. Shamszadeh S, Sheikh-Al-Eslamian SM, Hasani E, Abrandabadi AN, Panahandeh N. Color stability of the bulk-fill composite resins with different thickness in response to coffee/water immersion. *Int J Dent* [Internet]. 2016;2016. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/ijd/2016/7186140/>
 37. Antonson SA, Ruya Yazici A, Okte Z, Villalta P, Antonson DE, Hardigan PC. Effect of resealing on microleakage of resin composite restorations in relationship to margin design and composite type. *Eur J Dent* [Internet]. 2012;6(4):389-95. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3474553/pdf/dent6_p0389.pdf
 38. Burich RD. Análisis comparativo in vitro del grado de sellado marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con un material monoincremental (tetric n-ceram bulk fill), y uno convencional (tetric n-ceram). *Rev Dent Chile* [Internet]. 2015;106(1):15-9. Disponible en: <http://www.revistadentaldechile.cl/temas> abril 2015/pdf/analisis_comparativo_in_vitro.pdf
 39. Joiner A. Tooth colour: A review of the literature. *J Dent* [Internet]. 2004;32:3-12. Disponible en: [http://www.jodjournal.com/article/S0300-5712\(03\)00175-1/abstract](http://www.jodjournal.com/article/S0300-5712(03)00175-1/abstract)
 40. Macchi RL. *Materiales dentales*. 4.^a ed. Buenos aires: editorial medica panamericana; 2007. 117 p.
 41. Parpaiola Ramos A, Santos Guimaraes P, Gomes Franca F, Tarkany Basting R. Small cross-sectional survey of composite restoration attributes associated with choices for replacement. *Braz Oral Res* [Internet]. 2009;23(3):346-51. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-

- 83242009000300020&lng=en&nrm=iso&tlng=en
42. Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composites. *Dent Mater* [Internet]. 2005;21(1):68-74. Disponible en: [http://www.demajournal.com/article/S0109-5641\(04\)00174-5/fulltext](http://www.demajournal.com/article/S0109-5641(04)00174-5/fulltext)
 43. Ilie N, Hickel R. Macro-, micro- and nano-mechanical investigations on silorane and methacrylate-based composites. *Dent Mater*. 2009;25(6):810-9.
 44. Vanderwalker J, Casey JA, Lincoln T, Vandewalle KS. Properties of dual-cure, bulk-fill composite resin restorative materials. *Gen Dent* [Internet]. 2016;68-73. Disponible en: http://www.agd.org/media/333040/GenDent_MA16_Vandewalle.pdf
 45. Leprince J, Palin W, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent* [Internet]. 2014;42(8):993-1000. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2014.05.009>
 46. Koc-Vural U, Baltacioglu I, Altinci P. Color stability of bulk-fill and incremental-fill resin-based composites polished with aluminum-oxide impregnated disks. *Restor Dent Endod* [Internet]. 2017;42(2):118-24. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5426223/>
 47. Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao C V. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins - An in vitro study. *J Dent* [Internet]. 2010;38(2):e137-42. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2010.05.020>
 48. Postiglione Bühner A, Kossatz Pereira S, Cotrina Delgado L, Phillipini Borges C. Color stability evaluation of aesthetic restorative materials. *Braz Dent J* [Internet]. 2008;22(3):205-10. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242008000300003
 49. Hernández J, Rosino V, Martin Prette L, Alvarado Velarde M, Gor S. Color y translucidez de las resinas. Estudio de envejecimiento simulado. *pueblo cont*. 2016;27(2):351-8.
 50. Ramirez RA, Kaplan AE. Influence of polishing protocol on flexural properties of several dental composite resins. *Acta Odontol Latinoam* [Internet]. 2015;28(1). Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-48342015000100009
 51. Mundim FM, Garcia LDF, Pires-de-Souza FDC. Effect of staining solutions and repolishing on color stability of direct composites. *J Appl Oral Sci* [Internet]. 2010;18(3):249-54. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-77572010000300009&lng=en&nrm=iso&tlng=en
 52. Valentini F, Pereira R, Barbosa DS, Moraes RR De. Effect of Surface Sealant on the Color Stability of Composite Resin Restorations. 2011;22:365-8.
 53. Doğu Ömür D, Şahin O, Koroglu A, Yilmaz B. Effect of sealant agents

- on the color stability and surface roughness of nanohybrid composite resins. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2016;116(1):119-28. Disponible en: [http://www.thejpd.org/article/S0022-3913\(16\)00032-9/abstract](http://www.thejpd.org/article/S0022-3913(16)00032-9/abstract)
54. Jardimino Silami F, Mundim F, Roberti Garcia L, Coelho Sinhoreti M, Pires-de-Souza F. Color stability of experimental composites containing different photoinitiators. *J Dent*. 2013;41(3):62-6.
 55. Midobuche E, Zermeño M, Guizar J CS. Determinación de la calidad de pulido de resinas de nanorrelleno empleando un microscopio de fuerza atómica. *Rev ADM*. 2016;73(5):255-62.
 56. Brittencourt Berger S, Muniz Paliolol A, Cavalli V, Giannini M. surface roughness and staining susceptibility of composite resins after finishing and polishing. *J Esthet Restor Dent* [Internet]. 2011;23(1). Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1708-8240.2010.00376.x/abstract>
 57. Fujita M, Kawakami S, Noda M, Sano H. Color change of newly developed esthetic restorative material immersed in food-simulating solutions. *Dent Mater J* [Internet]. 2006;25(2):352-9. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16916240>
 58. Miotti LL, Nicoloso GF, Durand LB, Susin AH, Rocha RO. Color stability of a resin composite: Effect of the immersion method and surface treatments. *Indian J Dent Res* [Internet]. 2016;27(2):195-9. Disponible en: <http://www.ijdr.in/article.asp?issn=0970-9290;year=2016;volume=27;issue=2;spage=195;epage=199;aulast=Miotti>
 59. Doray P, Eldiwany M, Powers J. Effect of resin surface sealers on improvement of stain resistance for a composite provisional material. *J Esthet Restor Dent* [Internet]. 2003;15(4). Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1708-8240.2003.tb00292.x/abstract>
 60. Catelan A, Briso A, Sundfeld R, Dos santos P. Effect of artificial aging on the roughness and microhardness of sealed composites. *J aesthetic Restor Dent* [Internet]. 2010;22(5):324-30. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1708-8240.2010.00360.x/abstract>
 61. Hepdeniz O, Temel U, Ugurlu M, Koskan O. The effect of surface sealants with different filler content on microleakage of Class V resin composite restorations. *Eur J Dent* [Internet]. 2016;10(2):163-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27095890>
 62. SirinKaraarslan 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* [Internet]. 2013;32(1):58-67. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23370871>
 63. Prodan D, Gasparik C, Mada D, Miclăuș V, Băciuț M, Ducea D. Influence of opacity on the color stability of a nanocomposite. *Clin Oral*

- Investig [Internet]. 2015;19(4):867-75. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25217277>
64. Taşkınsel E, Özel E, Öztürk E. Effects of sports beverages and polishing systems on color stability of different resin composites. *J Conserv Dent* [Internet]. 2014;17(4):325-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4127689/>
 65. Mandri MN, Aguirre, Grabe de Prieto A, Zamudio ME. Sistemas adhesivos en odontología restauradora. *Odontostomatología* [Internet]. 2015;17(26). Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-93392015000200006
 66. Dourado Loguercio A, Reis A. Sistemas adhesivos. *Rev Oper Dent y Biomater* [Internet]. 2006;1(2). Disponible en: <http://www.rodyb.com/wp-content/uploads/2013/02/sistemas-adhesivos2.pdf>
 67. Jain V, Platt JA, Moore K, Spohr AM, Borges GA. Color stability, gloss, and surface roughness of indirect composite resins. *J Oral Sci* [Internet]. 2013;55(1):9-15. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23485595>
 68. Fagundes T, Barata T, Bresciani E, Cefaly D, Jorge M, Navarro M. Clinical evaluation of two packable posterior composites: 2-year follow up. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2006;10(3):197-203. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00784-006-0059-y>
 69. Imamura S, Takahashi H, Hayakawa I, Loyaga-Rendon PG, Minakuchi S. Effect of filler type and polishing on the discoloration of composite resin artificial teeth. *Dent Mater J* [Internet]. 2008;27(6):802-8. Disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/dmj/27/6/27_6_802/_pdf
 70. Fontes ST, Fernández MR, de Moura CM, Meireles SS. Color stability of a nanofill composite: effect of different immersion media. *J Appl Oral Sci* [Internet]. 2009;17(5):388-91. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4327661/pdf/1678-7757-jaos-17-05-0388.pdf>
 71. Mior Azrizal MI, Wan Zaripah, Wan Bakar, Husein A. A comparison of staining resistant of two composite resins. *Arch Orofac Sci* [Internet]. 2009;4(1):13-6. Disponible en: http://www.dental.usm.my/aos/docs/Vol_4/Issue_1/1316_zaripah.pdf
 72. Hilton T, Ferracane J, Broome J. *Summitt's fundamentals of operative dentistry. A contemporary approach. fourth edi.* quintessence publishing co, inc.; 2013.
 73. Hervás-García, Adela. Martínez-Lozano, Miguel Angel. Cabanes-Vila J, Barjau-Escribano A, Fos-Galve P. Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2006;11:E215-20.
 74. Ferracane JL. Resin composite—State of the art. *Dent Mater*. 2011;27:29-38.

75. Van Ende A, Mine A, De Munck J, Poitevin A, Van Meerbeek B. Bonding of low-shrinking composites in high C-factor cavities. *J Dent.* 2012;40:295-303.
76. El-Damanhoury H, Platt J. Polymerization Shrinkage Stress Kinetics and Related Properties of Bulk-fill Resin Composites. *Oper Dent.* 2014;39(4):374-82.
77. Corral C, Vildósola P, Bersezio C, Alves Dos Campos, E. Fernández E. Revision del estado actual de resinas compuestas bulk-fill. *Rev Fac Odontol Univ Antioq.* 2015;27(1):177-96.
78. Van Ende A, Van MeerBeek B, Lise D, De Munck J. Bulk-fill composites: a review of the current literature. *J Adhes Dent.* 2017;19(2):95-109.
79. Mahn E. Cambiando el paradigma de la aplicacion de composites. *Composites bulk-fill.* Santiago de Chile;
80. 3M ESPE [Internet]. resina Z100. [citado 8 de enero de 2019]. Disponible en: https://www.3m.com.es/3M/es_ES/empresa-es/todos-productos-3m/~z100-3M-Z100-MP-sistema-de-restauración/?N=5002385+8707795+8707799+8710720+8711017+8711722+8713393+3294735975&rt=rud
81. 3M E, Dentales L de P. Perfil Técnico del Producto Filtek™ Z250 Restaurador Universal [Internet]. [citado 8 de enero de 2019]. Disponible en: https://www.3m.com.es/3M/es_ES/empresa-es/todos-productos-3m/~filtek-z250-3M-Filtek-Z250-composite-universal/?N=5002385+8707795+8707799+8711017+8711722+8713393+3294735961&rt=rud
82. Mandri MN, Aguirre Grabre de Prieto A, Zamudio ME. Adhesive systems in restorative dentistry. *Odontoestomatología* [Internet]. 2015;XVII(26):50-6. Disponible en: <https://studylib.es/doc/6437150/sistemas-adhesivos-en-odontología-restauradora>
83. 3M E. Technical product profile Adper™Single bond plus adhesive. [Internet]. Disponible en: https://www.3m.com.ve/3M/es_VE/inicio/todos-los-productos-3m/~ADPER-SINGLE-BOND-2-INTRO-KIT/?N=5002385+3294363219&rt=rud
84. Soares Silva LE, Rosia Cesar IC, Couto Santos CG, Merigo de Oliveira Cardoso AL, Suzy Liporoni PC, Munin E, et al. Influence of coffee on reflectance and chemistry of resin composite protected by surface sealant. *Am J Dent.* 2007;20(5):299-304.
85. Petromilli Sasso Garcia P, Rodrigues E, Aleixo dos Santos P, Alvares Duarte J, Palma Dibb R. Influence of surface sealant on the translucency of composite resin: effect of immersion time and immersion media. *Mater Res.* 2008;11(2):193-7.
86. Demarco F, Collares K, Correa M, Cenci M, Moraes R, Opdam N. Should my composite restorations last forever? Why are they failing?

- Braz Oral Res. 2017;31:e56.
87. café de colombia [Internet]. 2017 [citado 12 de diciembre de 2017]. Disponible en: www.cafedecolombia.com
 88. International Coffee Organization. ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL CAFE. [Internet]. informe del mercado del cafe diciembre 2017. 2018 [citado 8 de enero de 2019]. Disponible en: <http://www.ico.org/documents/cy2017-18/cmr-1217-c.pdf>
 89. Ocampo OL, Alvarez LM. Tendencia de la producción y el consumo del café en Colombia. Apunt del CENES. 2017;36(64):139-65.
 90. Christiani JJ, Devecchi JR. Color: consideracion en odontologia e instrumentos para el registro. Rev Oper Dent y Biomater [Internet]. 2016;V(2):10-5. Disponible en: <http://www.rodyb.com/color-consideracion-en-odontologia-e-instrumentos-para-el-registro>
 91. Schmeling M. Color Selection and Reproduction in Dentistry. Part 1: Fundamentals of Color. ODOVTOS-Int J Dent Sc. 2016;18(1):23-32.
 92. Ovalles I, Casielles J. Comparacion del registro del color dental medido a traves de espectrofotometria y programa de analisis de fotografia digital. Universidad de chile; 2012.
 93. Vadher R, Parmar G, Kanodia S, Chaudhary A, Kaur M, Savadhariya T. Basics of Color in Dentistry: A Review. IOSR J Dent Med Sci. 2014;13(9):78-85.
 94. Paravina R, Perez M, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. J Esthet Restor Dent. 2019;1-10.
 95. Hernandez R, Fernandez C, Baptista P. Metodologia de la investigación. 6ta edicio. Mexico: McGraw Hill education; 1991. 95-100,127-128 p.
 96. Ardu S, Duc O, Di Bella E, Krejci I. Color stability of different composite resins after polishing. Soc Nippon Dent Univ 2018. 2018;
 97. Daud A, Gray G, Lynch C, Wilson N, Blum I. A randomised controlled study on the use of finishing and polishing systems on different resin composites using 3D contact optical profilometry and scanning electron microscopy. J Dent elsevier. 2018;
 98. Baseren M. Surface Roughness of Nanofill and Nanohybrid Composite Resin and Ormocer-based Tooth-colored Restorative Materials after Several Finishing and Polishing Procedures. J Biomater Appl. 2004;19.
 99. Sidhu S, Ikeda T, Omata Y, Fujita M, Sano H. Change of Color and Translucency by Light Curing in Resin Composites. Oper Dent. 2006;31(5):598-603.
 100. da Costa J, Fox P, Ferracane J. Comparison of Various Resin Composite Shades and Layering Technique with a Shade Guide. J Esthet Restor Dent. 2010;22(2):114-26.
 101. Browning W, Contreras-Bulnes R, Brackett M, Brackett W. Color differences: Polymerized composite and corresponding Vitapan Classical shade tab. J Dent elsevier. 2009;37S:e 34 – e 39.

102. Sampedro AC, Sofia. Evaluación In vitro del grado de pigmentación de las resinas Tetric N-Ceram (Ivoclar Vivadent), Amelogen Plus (Ultradent), Z100 (3M), Filtek Z250 XT(3M), al ser sumergidas Nestea, Coca Cola, y café Buen día. Universidad san francisco de quito; 2014.