

Cambio de color y absorción de agua de la nueva generación de composites fluidos, sometidos a diferentes temperaturas y sustancias pigmentantes durante 6 meses.

María Arregui Gambús

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



TESIS DOCTORAL

**CAMBIO DE COLOR Y ABSORCIÓN DE AGUA DE LA
NUEVA GENERACIÓN DE COMPOSITOS FLUIDOS,
SOMETIDOS A DIFERENTES TEMPERATURAS Y
SUSTANCIAS PIGMENTANTES DURANTE 6 MESES.**

María Arregui Gambús

DIRECTORA:

Dra. Montserrat Mercadé Bellido

Barcelona, 2015

AGRADECIMIENTOS

Esta Tesis ha sido un esfuerzo colectivo de mucha gente dando ánimo y consejos, teniendo mucha paciencia y soportando los cambios de humor y las crisis, así como esos fugaces momentos de felicidad.

En primer lugar, agradecerle a mi directora, la Dra. Montserrat Mercadé, ya que este trabajo no hubiera sido posible sin todo su apoyo, sus consejos y su insistencia. Sin todo ello hubiera abandonado hace mucho tiempo, pero siempre había alguna frase que hacía que siguiera adelante. Al Dr. Giner por la confianza y el apoyo y animarme a continuar trabajando hasta el último día, y al Dr. Cortada por su insistencia en que acabara.

A todas aquellas personas que desde sus palabras de ánimo me ayudaron a superar todos estos veranos trabajando, en especial a Lissethe Peñate y Rosario Cedeño por compartir esos meses de agosto en el laboratorio que a veces se hacían tan largos.

A Mark Lodge por todo su esfuerzo y ayuda con las revisiones de los textos en inglés y al Dr. Llopis por resolver todas las dudas estadísticas que han surgido durante todo este tiempo.

Por último a mi familia, mi madre y mi hermano, por su apoyo, paciencia y soportar los cambios de humor. Gracias por estar siempre presentes y vuestro apoyo incondicional.

A todos, MUCHAS GRACIAS

ÍNDICE

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
1. JUSTIFICACIÓN.....	11
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	15
2.1. Composites.....	18
2.1.1. Dimetacrilatos.....	19
2.1.2. Ormoceras.....	22
2.1.3. Siloranos.....	22
2.1.4. Compómeros.....	23
2.1.5. Giomers.....	24
2.1.6. Composites fluidos.....	25
2.2. Métodos de evaluación.....	30
2.2.1. Estabilidad del color.....	30
2.2.2. Absorción de agua y solubilidad.....	36
2.2.3. Microfiltración.....	38
3. HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	41
3.1. Hipótesis nula:.....	43
3.2. Hipótesis alternativa:.....	43
3.1. Null hypothesis:.....	44
3.2. Alternative hypothesis:.....	44
4. OBJETIVOS.....	45
4.1. Objetivo principal:.....	47
4.2. Objetivos secundarios:.....	47
4.1. Main objective:.....	48
4.2. Secondary objectives:.....	48
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	49
5.1. Grupo de estudio 1: Estudio del cambio de color.....	51
5.1.1. Preparación de las muestras.....	51
5.1.2. Soluciones pigmentantes.....	53
5.1.3. Toma de color.....	54
5.1.4. Análisis estadístico.....	55

5.2.	Estudio 2: Absorción de agua y solubilidad.....	55
5.2.1.	Preparación de las muestras.....	55
5.2.2.	Procedimiento absorción de agua.....	56
5.2.3.	Análisis estadístico.....	57
6.	RESULTADOS.....	59
6.1.	Grupo estudio 1. Cambio de color.....	61
6.1.1.	Análisis comparativo de las tres temperaturas de estudio.....	61
6.1.2.	Temperatura 5 °C.....	68
6.1.3.	Temperatura 37 °C.....	73
6.1.4.	Temperatura 60 °C.....	78
6.2.	Grupo estudio 2. Absorción de agua y solubilidad.....	83
7.	DISCUSIÓN.....	91
8.	CONCLUSIONES.....	107
9.	PERSPECTIVAS DE FUTURO.....	111
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115
11.	RESUMEN.....	127
	ANEXOS.....	133
I.	Carta aprobación del proyecto de Tesis.....	135
II.	Carta aprobación del estudio por parte del Comité Ético de Investigación (CER).....	136
III.	Carta estancia en la Università degli studi di Siena (Italia).....	137
IV.	Artículo Congreso Bioceramics 26, publicado en la revista Key Engineering Materials: Colour stability of self-adhesive flowable composites before and after storage in water... 138	
V.	Tabla 22. Resultados cambios de color (ΔE (desviación estándar)) de los composites en función del tiempo a 5°C.....	146
VI.	Tabla 23. Resultados cambio de color (ΔE (desviación estándar)) de los composites en función del tiempo a 37°C.....	147
VII.	Tabla 24. Resultados cambio de color (ΔE (desviación estándar)) de los composites en función del tiempo a 60°C.....	148

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Bis-GMA: 2,2 – bis[4-(2-hydroxymethacriloxypoxo)phenyl]propane.

TEGDMA: triethylenglycol dimethacrilate.

UDMA: urethane dimethacrylate.

Bis-EMA: ethoxylated bisphenol – A – dimethacrylate.

TCD-DI-HEA: tryclodecane urethane.

EBPADMA: ethoxylated bisphenol A dimethacrylates.

GPDM: glycerol phosphate dimethacrylate.

PMGDM: pyromellitic glycerol dimethacrylate.

HEMA: hydroxyl-ethyl methacrylate.

VF: Vertise Flow.

FLD: Fusio Liquid Dentin.

4-META: 4 – methacryloxyethyl trimellitic acid.

MOD: mesio-ocluso-distal.

ΔE : cambio de color.

ΔE_{00} : CIEDE2000.

W_5 : absorción de agua.

W_L : solubilidad.

FSXT: Filtek Supreme XTE.

VBF: Venus Bulk Fill.

PF: Premise Flowable.

FBF: Filtek Bulk Fill.

VDF: Venus Diamond Flow.

SDR: Smart Dentin Replacement.

AD: agua destilada.

CC: Coca-Cola®.

ZN: zumo de naranja.

TE: té.

CF: café.

VT: vino tinto.

SF: Sonic Fill.

TEF: Tetric EvoFlow.

T1: 1 semana.

T2: 2 semanas.

T3: 3 semanas.

T4: 4 semanas.

T5: 3 meses.

T6: 6 meses.

YbF₃: trifluoruro de iterbio.

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Preparación de las muestras del estudio de cambio de color	51
Figura 2. Detalle de distribución de las muestras del estudio de cambio de color. Ejemplo Grupo A: composite fluido Vertise Flow.	53
Figura 3. Imagen de las muestras en una placa de 24 sumergidas en Coca-Cola®	53
Figura 4. Espectrofotómetro.	54
Figura 5. Preparación de las muestras del estudio de absorción de agua y solubilidad.....	56
Figura 6. Procedimiento pesado de muestras	56
Figura 7. Muestras sumergidas en agua destilada en posición vertical.....	57
Figura 8. Detalle de la distribución de las muestras del estudio de absorción de agua y solubilidad. Ejemplo Grupo A. Composite fluido Vertise Flow.	57
Figura 9. Interacción entre las sustancias pigmentantes y el tiempo.	62
Figura 10. Interacción entre las sustancias pigmentantes y la temperatura.	63
Figura 11. Interacción entre el tiempo y los composites estudiados.	64
Figura 12. Interacción entre el tiempo y la temperatura.....	64
Figura 13. Interacción entre las sustancias pigmentantes y el tiempo a 5 °C.....	68
Figura 14. Interacción entre los composites estudiados y el tiempo a 5 °C.	71
Figura 15. Interacción entre el tipo de composite y el tiempo a 5 °C.....	72
Figura 16. Interacción entre las sustancias pigmentantes y el tiempo a 37 °C.....	73
Figura 17. Interacción entre los composites estudiados y el tiempo a 37 °C	74
Figura 18. Interacción entre el tipo de composite y el tiempo a 37 °C.....	78
Figura 19. Interacción entre las sustancias pigmentantes y el tiempo a 60 °C.....	79
Figura 20. Interacción entre los composites estudiados y el tiempo a 60 °C.	80
Figura 21. Interacción entre el tipo de composite y el tiempo a 60 °C.....	83
Figura 22. Interacción entre la absorción de agua de los composites y el tiempo.	85
Figura 23. Interacción entre la solubilidad de los composites y el tiempo.....	85
Figura 24. Interacción entre la absorción de agua de los tipos de composite y el tiempo.....	87
Figura 25. Interacción entre la solubilidad de los tipos de composite y el tiempo.	87

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Materiales estudiados.	52
Tabla 2. Sustancias pigmentantes estudiadas.....	54
Tabla 3. Resumen ΔE (desviación estándar) composites por temperaturas, global.....	61
Tabla 4. ΔE (desviación estándar) según las diferentes sustancias pigmentantes.	62
Tabla 5. Resumen ΔE (desviación estándar) en función del tiempo y de la temperatura.....	63
Tabla 6. Resultados de estabilidad del color (ΔE (desviación estándar)).....	67
Tabla 7. Resultados totales de cambio de color (ΔE (desviación estándar)).	67
Tabla 8. Resultados de cambio de color (ΔE (desviación estándar)) a 5°C.	69
Tabla 9. Resultados de cambio de color(ΔE (desviación estándar)) por tipo de composite a 5°C	69
Tabla 10. Resultados de cambio de color (ΔE (desviación estándar)) por tipo de composites en función del tiempo a 5°C.....	70
Tabla 11. Resultados de cambio de color (ΔE (desviación estándar)) a 37°C.	76
Tabla 12. Resultados cambio de color (ΔE (desviación estándar)) por tipo de composite a 37°C.	76
Tabla 13. Resultados cambio de color (ΔE (desviación estándar)) por tipo de composites en función del tiempo a 37°C.....	77
Tabla 14. Resultados de cambio de color (ΔE (desviación estándar)) a 60°C.	81
Tabla 15. Resultados cambio de color (ΔE (desviación estándar)) por tipos de composite a 60°C.	81
Tabla 16. Resultados cambio de color (ΔE (desviación estándar)) por tipo de composites en función del tiempo a 60°C.....	82
Tabla 17. Resultados absorción de agua y solubilidad (desviación estándar).	84
Tabla 18. Resultados absorción de agua (desviación estándar) en función del tiempo.	86
Tabla 19. Resultados solubilidad (desviación estándar) en función del tiempo.....	86
Tabla 20. Resultados absorción de agua (desviación estándar) en función del tiempo por grupos.....	89
Tabla 21. Resultados solubilidad (desviación estándar) en función del tiempo.....	89
Tabla 22. Resultados cambios de color (ΔE (desviación estándar)) de los composites de estudio en función del tiempo a 5°C.....	146
Tabla 23. Resultados cambio de color (ΔE (desviación estándar)) en función del tiempo a 37°C.	147
Tabla 24. Resultados cambio de color (ΔE (desviación estándar)) de los composites de estudio en función del tiempo a 60°C.....	148

1. JUSTIFICACIÓN

Actualmente los composites son uno de los materiales restauradores más utilizados en la clínica odontológica por sus propiedades físicas, mecánicas, ópticas y estéticas.

Estos materiales una vez están en el medio oral, se encuentran sometidos a agresiones de todo tipo: cambios en el pH; pigmentos adquiridos en la dieta diaria; cambios de temperatura causados por los alimentos y bebidas que consumimos, etc. Todo ello acaba causando un cambio de coloración tanto de los materiales como de los dientes tanto a nivel interno como externo, de tal forma que normalmente con los cuidados de higiene habituales se puede eliminar o reducir todos aquellos cambios de color causados por los factores externos, pero los internos no se pueden eliminar porque implican al cuerpo del material. Igualmente también se pueden observar desajustes de las reconstrucciones por el fenómeno de la absorción de agua, que en muchos casos al pulir la restauración, ésta recupera su aspecto y forma original.

Estudiar los cambios de color de los materiales en el medio oral presenta algunas dificultades, de hecho se han desarrollado muchos tipos de estudios *in vitro* para determinar la estabilidad del color y la absorción de agua. Así como en el caso de la absorción de agua la metodología está muy estandarizada y los estudios cambian sólo en el tiempo de evaluación (de unas pocas horas a días o meses) y en el líquido en el que se sumergen las muestras (agua destilada, saliva o en sustancias con diferentes concentraciones ácidas), los estudios de cambio de color utilizan una metodología mucho más amplia y variable (sumergir el material en sustancias pigmentantes de consumo habitual en la sociedad, en colutorios orales o en agentes blanqueantes; termociclar las muestras, envejecerlas con fuentes de luz de xenón o someterlas a altas temperaturas para ver cómo se comportan).

En el año 2011 durante una estancia de investigación en la Universidad de Siena (Italia), un investigador me hizo pensar sobre el efecto de la temperatura en los composites. Leyendo artículos en los que se termociclaban las muestras observé que no existía un protocolo estandarizado y que los diferentes autores no se ponían de acuerdo en la traslación del número de ciclos a cuánto tiempo se correspondía a 37°C, que suele ser la temperatura asociada al medio oral.

Esto me llevó a leer un estudio de Asmussen de 1981 donde se sumergieron las muestras durante un mes a diferentes temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C; y determinó una correlación fácilmente transferible, ya que un mes a 60°C se correspondía a un año a 37°C.

Por eso realizamos un estudio en el que sumergimos diferentes tipos de composites utilizando esta metodología que acabó siendo una comunicación oral en el Congreso Bioceramics 26, celebrado en Barcelona en noviembre de 2014 y que llevó asociada la publicación de un artículo en la revista Key Engineering Materials en enero de 2015. Esta revista está indexada en el índice SJCI de Scopus en las categorías de Ciencia de los Materiales, Ingeniería Mecánica y en Mecánica de los Materiales en el Q3 con una puntuación de 0.19 en 2013.

También nos dimos cuenta que existía una gran variabilidad metodológica en los estudios de cambio de color que sumergían las muestras en sustancias pigmentantes, tanto en cuanto al tiempo de exposición de la muestra en el agente externo, como en la duración de los mismos. La mayoría de los estudios investigaban durante cortos períodos de tiempo 24 horas, 1 semana, 15 días y como máximo 1 mes, pero en este caso varios autores sí que daban una traslación a consumo diario y tiempo de exposición en boca. Por otra parte, existían muy pocos estudios a largo plazo de entre 2 y 6 meses.

Los materiales escogidos para realizar el estudio fueron composites fluidos que forman parte de la nueva generación (nanopartículas, autoadhesivos y en bloque), ya que existe un vacío en la literatura en cuanto al cambio de color de estos materiales y del efecto de la temperatura sobre los mismos.

Todo ello nos llevó a estudiar y diseñar un trabajo en el que se pudiera buscar una relación entre las temperaturas de bebidas de consumo habitual en la sociedad actual y el cambio de color, así como también si existía una relación directa entre la absorción de agua y el cambio de color, de forma que si los composites que más agua absorben son también los que más se tiñen durante un período de 6 meses y buscar la traslación a nivel clínico.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.

Las dos razones principales por las que se necesita actualmente restaurar la función y la estética de los dientes son la caries dental y las fracturas coronarias debidas a un traumatismo.

La caries dental es la enfermedad crónica con mayor prevalencia que afecta a los seres humanos a lo largo de la historia y que actualmente, a pesar de los avances en la ciencia, sigue siendo un problema de salud a nivel mundial que afecta a millones de personas [1-4]. Se considera que el inicio de la epidemia de caries fue en el siglo XIX por la aparición y la facilidad de acceso de los alimentos manufacturados que contienen azúcares procesados [1].

Existen múltiples definiciones de la caries dental, pero en definitiva todas coinciden en que es una enfermedad infecciosa de origen bacteriano no específico que desencadena un proceso destructivo de los tejidos duros dentarios iniciándose en el exterior y progresando hasta llegar a zonas más profundas del diente formando una cavidad [5].

La caries es una enfermedad multifactorial donde están presentes tanto factores demográficos, socioeconómicos y de comportamiento, como factores biológicos [3]. En este último caso, también son varios los factores que participan, algunos de los cuales originan cambios en la ecología bacteriana del biofilm que se adhiere a la superficie del diente [1], por lo que se considera que existe una interacción dinámica del biofilm con el medio oral [6] en la que se han de tener en cuenta tanto los factores patológicos como los protectores en el proceso de la caries dental [4].

Actualmente la ciencia determina que la clave del tratamiento y de la prevención de la caries está relacionada con la modificación y corrección del biofilm dental transformando los factores bucales para favorecer la salud [4], teniendo en cuenta que los mecanismos protectores y defensivos pueden detener, invertir o disminuir la progresión de la enfermedad [1].

Se ha estimado que el 71% de los tratamientos restauradores que se realizan habitualmente en la práctica clínica es en dientes previamente tratados y la principal causa del fracaso es la caries secundaria o recurrente [4, 7], seguida por la fractura de la restauración [7]; por eso algunos autores consideran que la caries puede llegar a causar dolor e incluso la pérdida dental, perjudicando tanto la salud bucal como la calidad de vida a nivel general [2, 3].

Así como se considera que la caries dental es un problema de salud general, algunos estudios epidemiológicos consideran a los traumatismos dentales como un serio problema de salud pública [8], donde la mayoría de las lesiones involucran a los incisivos centrales superiores [8-10]. Principalmente los traumatismos están asociados con la práctica del deporte [8-12], pero también pueden producirse por accidentes ya sea en el colegio como en casa [12]. Los problemas asociados con este tipo de lesiones no sólo causan problemas funcionales, sino también psicológicos y estéticos [9], por esta razón es tan importante reconstruir a la mayor brevedad posible los dientes fracturados con los materiales más adecuados.

2.1. Composites

La palabra composite hace referencia a una mezcla; en el caso de la ciencia de los materiales, un composite es una mezcla de cómo mínimo dos clases de materiales diferentes que pueden ser metales, cerámicas y polímeros [13] con propiedades diferentes y los cuales no pueden disolverse mutuamente [14].

Los composites usados en odontología son materiales complejos, se componen de una serie de monómeros de dimetacrilatos que conforman una matriz orgánica y de partículas de relleno inorgánico unidas mediante un agente de unión (el silano) y una serie de otros componentes (iniciadores, estabilizadores y activadores) que promueven o modifican la reacción de polimerización, la cual origina los entrecruzamientos de cadenas de los diferentes monómeros para dar lugar a la matriz de resina. Además, se añaden pigmentos para dar el color del material resultante [13, 15-21]. Los primeros composites surgen a principios de los años 60, cuando Bowen descubre la formulación de la molécula Bis-GMA (2,2-bis [4-(2-hydroxymethacryloxypropoxy) phenyl] propane) [15, 19, 22], que es la molécula más utilizada en la mayoría de los composites actuales [21, 23].

Inicialmente los composites eran un sistema pasta-pasta que polimerizaban de forma química al unir la base con el catalizador. Posteriormente, en los años 70, surgen las primeras lámparas de polimerizar y los composites pasan a ser fotopolimerizables por la acción de las canforoquinonas que se activan en presencia de la luz, haciendo que el proceso sea más rápido y se disminuya el tiempo de trabajo clínico, además de eliminar el proceso de mezcla de los componentes que lleva tiempo e incorpora porosidad al material [13].

Actualmente, los composites presentan una gran evolución en los diferentes aspectos de su composición; ya sea en el tamaño de las partículas [22, 24], en el tipo de partículas [14, 21] o en el tipo de monómeros [19-21, 25-28], buscando mejorar sus propiedades físicas como la contracción de polimerización o la tendencia de absorción de agua [19, 29] así como también sus propiedades estéticas como la estabilidad del color [30, 31].

Durante muchos años los composites se han clasificado por el tamaño de sus partículas. La primera clasificación fue descrita por Phillips y Lutz en 1983, pero a lo largo de los años se fue reduciendo el tamaño de las partículas para mejorar las propiedades estéticas y mecánicas [22, 32] hasta llegar al momento actual, en el que la gran mayoría de los composites son de nanopartículas para mejorar aún más sus propiedades [19-22, 33].

En la actualidad, cada vez más se están clasificando según el tipo de matriz orgánica de la que se componen: dimetacrilatos, ormoceras, siloranos, compómeros y giomers [20, 21, 32]. Todos ellos, excepto los siloranos tienen su versión de composites fluidos.

2.1.1. Dimetacrilatos.

Los composites de dimetacrilatos pueden ser mono-, di- o tri-funcionales, dependiendo de los tipos de monómeros que formen parte de la composición de la matriz orgánica; los más habituales son Bis-GMA, urethane dimethacrylate (UDMA), triethyleneglycol dimethacrylate (TEGDMA) y ethoxylated bisphenol – A – dimethacrylate (Bis-EMA)[19].

La molécula de Bis-GMA fue desarrollada en 1962 por Bowen; de sus ventajas destacan la baja volatilidad y difusividad de sus moléculas en el interior de los tejidos y la formación de polímeros de módulos más altos, los cuales tienen menor contracción de polimerización [23]; entre sus desventajas encontramos que es un monómero altamente viscoso que contiene en el eje central de su estructura una serie de grupos hidroxilo libres, haciendo que sea un material hidrofílico y susceptible de aumentar su absorción de agua [19, 23, 34, 35] además de presentar una gran contracción de polimerización [13, 35].

Posteriormente, en 1974, Foster y Walker introdujeron la molécula de UDMA como una alternativa al Bis-GMA, porque es un monómero con baja viscosidad [34, 36] y la ausencia de anillos fenólicos hace que sea una estructura más flexible y con más resistencia que el Bis-GMA [34, 36]; entre sus ventajas encontramos su menor viscosidad [28, 34] y que presenta una

menor tendencia a absorber agua [34], sin embargo también presenta contracción de polimerización [37].

Por su parte, el TEGDMA es un monómero menos viscoso que tiene excelentes características de copolimerización, esto quiere decir que acompaña a otro monómero y actúa como controlador de la viscosidad [13]. Por esta razón, es frecuente que actúe de diluyente para UDMA o Bis-GMA para proporcionar fluidez a la resina que permite maximizar la cantidad de relleno inorgánico del material resultante [19, 23, 38]. En el caso de la dilución de Bis-GMA con TEGDMA las mejores propiedades se obtienen cuando se usa en una relación 1:1 [13]; se ha visto que reduce la viscosidad de Bis-GMA, mejorando las propiedades de manipulación del material y el grado de conversión, pero también se ha demostrado que lleva asociado un aumento de la contracción de polimerización y absorción de agua [36].

El Bis-EMA es un monómero menos hidrofílico que el Bis-GMA debido a la ausencia de grupos hidroxilo [36] y presenta menos viscosidad que éste [34, 36]. Además al igual que UDMA es una molécula que presenta un peso molecular más elevado y menos dobles enlaces, por lo tanto sus niveles de contracción de polimerización son menores que los de TEGDMA. Razón por la que cada vez más, tanto UDMA como Bis-EMA están sustituyendo en muchas formulaciones a TEGDMA para de esta forma reducir la contracción, el envejecimiento y también disminuir los efectos negativos del entorno oral sobre el composite [19, 23, 38].

En los últimos años se han producido una serie de avances en la investigación de la química de los composites para mejorar el éxito clínico de los dimetacrilatos originales, mejorando diferentes aspectos de sus propiedades mecánicas. Por un lado, se han desarrollado una serie de monómeros (DX-511, tryclodecane urethane (TCD-DI-HEA), dímero ácido) que presentan un elevado peso molecular y por lo tanto disminuyen la contracción de polimerización [28, 32]; por otro lado, han surgido una serie de monómeros, como el ethoxylated bisphenol A dimethacrylates (EBPADMA), que son más hidrofóbicos que el Bis-GMA y UDMA y por lo tanto absorben menos agua [26, 27]; y en otros casos se han añadido monómeros ácidos como el glicerol phosphate dimethacrylate (GPDM) o el pyromellitic glicerol dimethacrylate (PMGDM), que dan características autoadhesivas al composite [25, 27, 32].

Además de la matriz orgánica, las partículas de relleno también proporcionan resistencia al material, aumentan su rigidez, reducen los cambios dimensionales y la contracción de

polimerización, así como proporcionan radioopacidad, mejoran la estética y la manipulación [13]. Las partículas de relleno siempre se han clasificado según el tipo y el tamaño de las mismas [21, 32]. Inicialmente, en los años 70, la mayoría de los composites comercializados se componían principalmente de partículas de cuarzo, los cuales gradualmente se fueron sustituyendo por cristales de sílice (los más habituales son los cristales de sílice con bario, estroncio, sílice coloidal o litioaluminosilicato) [14]. Estas partículas pueden tener diferentes tamaños (de 0,1 μm a 100 μm) [13] y formas (las más frecuentes son redondeadas, irregulares o fibrosas) [14, 39]. Las redondeadas y las irregulares se distribuyen al azar, mientras que las fibrosas necesitan una distribución unidireccional que hace que este tipo de composites reforzados con fibras presente una serie de ventajas en el grado de resistencia del material [39]. Actualmente, hay composites que también han incorporado partículas pre-polimerizadas, que son un híbrido orgánico/inorgánico que se incorporan a la matriz del composite para reducir la contracción de polimerización [40] y también partículas de cerámica [21, 32].

Todas las modificaciones de los últimos años en las partículas de relleno a nivel de forma, tamaño y volumen se han realizado para mejorar la resistencia a la abrasión del material restaurador y minimizar la exfoliación de las mismas durante el proceso de desgaste [40]. Gracias a la nanotecnología, donde realmente se ha producido el mayor avance tecnológico ha sido en la reducción del tamaño de las partículas, lo que conlleva el aumento del contenido de relleno y, consecuentemente, la reducción de la contracción de polimerización, del coeficiente de expansión térmica lineal y de la absorción de agua [21]. Los composites de nanopartículas actuales presentan una propiedades mecánicas superiores en cuanto a la resistencia a la flexión, baja abrasión, bajos niveles de contracción de polimerización y gran resistencia a la fractura, por la elevada cantidad de partículas que contienen [41]. Además, presentan un excelente pulido y por lo tanto, estética [42].

Otro componente imprescindible de un composite es el silano, el cual se encarga de promover la unión entre la matriz orgánica y las partículas del relleno inorgánico mediante enlaces covalentes [13, 39], tanto en las partículas inorgánicas mediante los grupos (Si-OH) de un extremo, como en la matriz orgánica gracias a los grupos metacrilatos del otro extremo que contiene dobles enlaces de carbono (C=C) [13], mejorando la resistencia mecánica y química [14, 43], aumentando la vida útil del composite y permitiendo una mejor dispersión de las partículas de relleno en el cuerpo de la matriz [39]. El silano también ralentiza el proceso de degradación para proteger las partículas del relleno frente a la fractura y mejora la distribución

y el stress en la transición de la parte flexible de la matriz orgánica frente a la más rígida y dura de las partículas de relleno [44]. Por todo ello, se ha documentado que los composites con partículas silanizadas presentan mejores propiedades mecánicas, resistencia a la abrasión y una menor absorción de agua [39].

2.1.2.Ormoceras.

Ormocera es un acrónimo de cerámicas modificadas orgánicamente [21, 28, 42], que fue diseñada originalmente para la ciencia y la tecnología, por ejemplo para superficies especiales como recubrimientos protectores, superficies antiadherentes, recubrimientos antiestáticos y revestimientos no reflectantes [21].

Las ormoceras en odontología son un tipo de composite con una estructura molecular híbrida, ya que la matriz orgánica tiene tanto componente orgánico como inorgánico [20, 21, 42, 45, 46]. Esto se consigue mediante el uso de la técnica sol-gel, en la que la principal característica es que los grupos orgánicos se incorporan en la estructura central inorgánica [28, 46]. Se ha visto que la combinación de redes orgánicas e inorgánicas aumenta y mejora la resistencia a la degradación química [46].

En comparación con los composites de dimetacrilatos convencionales, los ormoceras presentan valores de desgaste menores, por lo que tienen una mayor resistencia a la abrasión [20, 28], y la contracción de polimerización es igual que la de los composites híbridos, pese a que tiene menos cantidad de relleno [20, 21, 28].

2.1.3.Siloranos.

Los siloranos fueron descritos por primera vez en odontología en 2005 por Weinmann, y se obtienen de la unión de moléculas de oxiranos y siloxanos y de ahí reciben su nombre [20, 28, 30], pero no se comercializan hasta 2007 [47, 48]. La característica principal de estos materiales es que sufren una reacción de polimerización catiónica, por la apertura de los anillos de los oxiranos, causando una expansión de las moléculas y por lo tanto se obtiene un material con menor contracción de polimerización [20, 21, 28, 30, 45]. Además es un material más hidrofóbico que los composites convencionales por la presencia de los siloxanos [20, 28, 30, 45, 49]. Debido a su naturaleza hidrofóbica, los siloranos son un material químicamente más estable e insoluble en medios húmedos y por lo tanto más biocompatible que los composites convencionales [20, 28, 49]. Otras ventajas que presentan estos materiales es que

tienen buenas características de pulido [20, 21], presentan una buena estabilidad del color [45, 50] y además mantienen mejor el brillo [50].

Como inconvenientes destacan el hecho de la necesidad de utilizar un sistema adhesivo autograbante propio por la composición química [20, 21, 47, 48] y los resultados de los diferentes estudios clínicos que están publicándose en los últimos años, coinciden en que su comportamiento a nivel clínico no es superior al de los composites convencionales, por lo que no proporcionan ninguna ventaja o mejora remarcable en cuanto a color, adaptación marginal, forma anatómica, rugosidad superficial, cambio de color marginal, caries secundaria o sensibilidad postoperatoria [47, 48, 51].

2.1.4. Compómeros.

La palabra compómero proviene de la mezcla de **composite** y **iónómero** de vidrio [21, 52]. Básicamente estos materiales están compuestos por monómeros de dimetacrilatos con dos grupos carboxílicos [20, 53], pero además contienen ácidos poliacrílicos y polialquenoicos [20, 21, 54]. Por su parte, el relleno inorgánico contiene partículas de cuarzo no reactivas [53] y vidrios de fluoroaluminosilicato como en los cementos de ionómero de vidrio [20, 53, 54], cuyos tamaños oscilan entre 0,2 y 10 μ [21]. De esta forma, tienen las características ventajosas de ambos materiales: por un lado liberan flúor y son fáciles de utilizar y por otro tiene mejores propiedades estéticas que proporciona el composite [21, 55].

Los compómeros fraguan en dos fases: 1) inicialmente mediante la fotopolimerización, como los composites; y 2) mediante la reacción ácido-base habitual de los ionómeros de vidrio que se produce cuando el compómero absorbe agua una vez colocado en boca, por entrar en contacto con la saliva y así la polimerización continúa durante aproximadamente 24 horas [20, 21, 52, 54]. Esta última fase está limitada únicamente a las capas más superficiales [21] y tiene el problema que esta absorción de agua compromete las propiedades físicas y la estética de los compómeros [54].

Una de las características por las que destacaron en su momento fue por la capacidad que tienen de liberar flúor, mediante un mecanismo similar a los ionómeros de vidrio convencionales e híbridos; pero se ha observado que tanto la duración como la cantidad de flúor liberado es menor que en los ionómeros anteriormente mencionados [20, 52, 56].

Liberan flúor rápidamente y con gran intensidad durante las primeras 24 horas, pero esta liberación disminuye igual de rápido [21, 56].

Cuando se comparan con los composites convencionales se observa que tiene menor módulo de elasticidad, resistencia a la compresión, a la flexión, a la fractura y dureza; y además presentan valores más elevados de absorción de agua [20].

Las indicaciones más habituales de los compómeros suelen ser restauraciones en adultos tipo Clase V [21], en zonas con bajo nivel de stress [20], en dentición temporal [21] y en general en pacientes con un riesgo medio de desarrollar caries dental [20].

2.1.5. Giomers.

Los giomer representan la auténtica hibridación entre los ionómeros de vidrio y los composites [20, 55]. Están basados en la tecnología PRG (ionómeros pre-reactivos), la cual involucra partículas de vidrio de fluoroaluminosilicato que se mezclan con ácidos poliacrílicos, formando una fase estable de ionómero [20, 54, 57], pudiendo haber dos tipos: 1) F-PRG (reacción completa) donde las partículas reaccionan completamente con el ácido poliacrílico; y 2) S-PRG (reacción superficial) donde únicamente la superficie de la partícula de relleno reacciona con el ácido polialquénico y el núcleo del vidrio se mantiene intacto [20, 58].

La principal diferencia con los compómeros consiste en la técnica en la que se incorporan los componentes del ionómero de vidrio a la matriz de resina, ya que en los giomers, las partículas PRG se obtienen de la reacción entre los vidrios ácido reactivos que contienen el flúor con el ácido polialquénico en agua antes de incorporarse a la resina del material; en cambio en los compómeros el ácido polialquénico deshidratado forma parte de la matriz de resina y la reacción entre el vidrio y el ácido no se produce hasta que el material restaurador obtiene agua [58]. Esto influye en que los giomer tengan la capacidad de liberar flúor a más largo plazo que los compómeros e incluso de forma retardada, ya que tienen más capacidad de almacenar y volver a liberar flúor tiempo después [56, 58].

De esta forma los giomer adquieren de los composites una excelente estética, buena resistencia y son fáciles de pulir [20, 55] y de los ionómeros la capacidad de liberar y recargar flúor [20, 54, 55, 57]; y esta habilidad tiene mejores niveles que en los compómeros pero sigue siendo inferior que los cementos de ionómero de vidrio [54].

En general, los giomer presentan mayor resistencia al desgaste, más radiopacidad y conformidad de la tonalidad y como en el caso de los compómeros son fotopolimerizables y necesitan sistemas adhesivos para unirse a la estructura dental [20].

2.1.6. Composites fluidos.

Los composites fluidos son una clase de composites con una nueva formulación que hace que tengan una baja viscosidad [40, 59, 60] y gran fluidez [61]. La primera generación de composites fluidos surge en 1996 [62, 63] para aumentar las opciones de los procedimientos restauradores que se podían realizar con los composites, ya que son más fáciles de aplicar sobre el diente. Para ello, se utiliza una punta muy fina que permite colocarlo en finas capas y al salir por el dispensador (que es muy estrecho) ayuda a eliminar la inclusión de aire [62, 64-66].

Los composites fluidos básicamente tienen la misma composición de los composites convencionales [63, 67], conservando las mismas pequeñas partículas del relleno que los composites híbridos tradicionales pero reduciendo su proporción y aumentando la cantidad de monómero de la matriz orgánica. De esta forma, se consigue que los composites tengan mayor fluidez al disminuir su viscosidad [61-63, 67-69]. Todo ello permite insertar el material más fácilmente en cavidades pequeñas [62] y con formas complejas [70]; obtener una mejor adaptación del mismo en la pared interna de la cavidad; una fácil inserción y mayor elasticidad que otros materiales [61, 65, 70]. Por lo tanto, son materiales que están indicados como base cavitaria, sellado de fosas y fisuras, para restaurar cavidades pequeñas oclusales o cervicales y para reparar restauraciones de composite [59, 63, 68, 71, 72], márgenes de amalgama, defectos del esmalte y bordes incisales en el sector anterior [72].

La reducción del contenido de relleno de los composites fluidos está en torno al 20 – 25% en comparación con los composites convencionales [60, 73, 74]. Como resultado de este hecho, estos materiales son menos rígidos y tienen un módulo de elasticidad 20 – 30% menor que los composites híbridos convencionales [60], este bajo módulo de elasticidad favorece la disipación del stress de contracción y la preservación de la integridad marginal [75]. A pesar de que este es un factor positivo del material, varios autores consideran que las propiedades mecánicas y ópticas de los composites fluidos se ven afectadas en relación a los composites convencionales, al reducir la cantidad de relleno; de tal forma que por un lado presentan menos resistencia a la flexión, al desgaste o la contracción de polimerización [62, 70, 72, 76] y

por otro se observan diferencias tanto en color, translucidez como en la fluorescencia porque, en general son materiales más translúcidos por la mayor proporción de matriz orgánica [64-66]. Varios autores consideran que esta reducción del contenido de relleno de los composites fluidos tiene propiedades mecánicas inferiores que los composites convencionales, como pueden ser la resistencia a la flexión, al desgaste o la contracción de polimerización [62, 70, 72, 76]. Y también presentan diferentes propiedades ópticas, como son el color, la translucidez y la fluorescencia, que los composites convencionales [64-66].

En torno al año 2000 surge una nueva generación de composites fluidos con la intención de aumentar sus propiedades mecánicas [73] y se pueden dividir en 3 grupos: 1) Convencionales (microhíbridos o de nanopartículas); 2) Autoadhesivos; 3) de baja contracción o en bloque.

2.1.6.1. Composites convencionales (microhíbridos o de nanopartículas).

Las principales diferencias entre los composites convencionales y los de la nueva generación son que por un lado se aumenta la cantidad de relleno inorgánico manteniendo su comportamiento fluido [62] y por otro, se sustituyen los monómeros de bajo peso molecular como el TEGDMA por monómeros de alto peso molecular como los dímeros ácidos; obteniendo un mayor grado de conversión y módulo de flexión y además, se reduce la contracción de polimerización al combinarlos con bis-EMA o UDMA [77].

La nueva generación de composites fluidos tiene un alto contenido de relleno, pudiendo tener tanto partículas pequeñas gracias a la nanotecnología como ser microhíbridos y tener características parecidas a los composites condensables con el mismo tipo de partículas. Además pueden contener tanto partículas pequeñas como partículas pre-polimerizadas y se ha visto que los composites fluidos con partículas pequeñas presentan una mayor resistencia a la abrasión comparado con los que tienen partículas grandes pre-polimerizadas, esto puede ser debido al poco espacio libre en el relleno haciendo que la resina que está próxima a estas partículas queda protegida de la abrasión [40] y están llamados a mejorar las propiedades mecánicas y de pulido [40, 78]; por lo que no están sólo indicados como bases cavitarias, sino que también pueden usarse para sellados de fisuras con ameloplastia [40] y restauraciones en el sector posterior [40, 78].

2.1.6.2. Composites autoadhesivos.

Los composites fluidos autoadhesivos surgen como una opción para reducir el número de pasos clínicos, ya que no es necesario el uso de adhesivos (ya sean autograbantes o de lavado y grabado) y se pueden aplicar directamente sobre la superficie dental [71, 76, 79]. Estos composites disminuyen la complejidad de la técnica, el riesgo de errores durante la aplicación del material [72, 75, 77, 80] y ayudan a reducir la sensibilidad postoperatoria [72, 81, 82].

Los composites autoadhesivos llevan incorporados en su composición una serie de monómeros que acostumbran a estar presentes en los sistemas adhesivos como son el monómero GPDM, que normalmente sirve para grabar tanto la dentina como el esmalte [72, 83] y también hydroxyl-ethyl methacrylate (HEMA), que habitualmente se utiliza en los adhesivos, porque aumenta la humectación y la penetración de la resina en la dentina [72, 75].

Comercialmente, podemos encontrar dos materiales que son Vertise Flow (VF, Kerr) y Fusio Liquid Dentin (FLD, Pentron), que varían ligeramente en su composición, haciendo que las propiedades adhesivas de ambos difieran. VF se componen principalmente de GPDM y HEMA [72, 75, 79, 83] con partículas pre-polimerizadas, cristales de bario, sílice coloidal y fluoruro de iterbio como relleno [71, 81, 82, 84] y FLD está compuesto por 4-methacryloxyethyl trimellitic acid (4-META) [71, 79] con partículas de sílice amorfas y cristales [71].

Otra diferencia entre ambos materiales es que FLD es más fluido que VF, porque contiene menos cantidad de relleno inorgánico; lo que hace que el material sea más fácil de aplicar sobre la superficie del diente, se observa una menor adherencia a la punta del aplicador y tiene mejor humectabilidad tanto a esmalte como a dentina [79]. El mecanismo de acción de estos composites consiste en 2 fases: primero se produce una unión química entre los grupos fosfatos funcionales del monómero GPDM con los iones de calcio del diente [71, 72, 77, 83] y posteriormente se produce la unión micromecánica como resultado de la interpenetración de los monómeros polimerizados del composite autoadhesivo con las fibras de colágeno de la dentina [71, 72] y también con el barrillo dentinario [72].

Varios autores han observado que el buen sellado marginal y los bajos niveles de microfiltración que presenta VF [72, 75] están relacionados con la asociación de los factores de la contracción de polimerización que es similar a la que presentan los composites fluidos tradicionales [76] y la tendencia a absorber agua que provoca una expansión higroscópica del

material [29, 85]. Siempre y cuando no se grabe previamente la dentina, ya que Rengo y cols. [86] observaron una disminución en la calidad del sellado marginal en el grupo en el que realizaron un grabado ácido previo al proceso de aplicación del material y puede estar relacionado con la capacidad de humectabilidad del material.

En cuanto a la fuerza de adhesión de estos materiales no existe un consenso en la literatura. Varios autores muestran en sus estudios valores de adhesión, tanto a esmalte como a dentina, usando el material siguiendo las instrucciones del fabricante entorno a los 10 MPa [71, 75, 80], en cambio Bektas y cols. [72] obtuvieron valores superiores a 20 MPa. En cambio, en los estudios en los que se trataba la superficie previamente con grabado ácido y adhesivo los valores de adhesión mejoraron [71, 72, 79].

Czasch y cols. [77] observaron en su estudio que si VF se polimerizaba durante 40 segundos, en lugar de 20, se aumentaban su grado de conversión y propiedades micromecánicas y presentaba buenas propiedades macromecánicas siempre que no se excediera de una capa de grosor de 2 mm cuando se aplicaba.

Estos materiales están indicados para realizar cavidades clase I pequeñas, como base de cavidades clase I y clase II [71, 77], sellado de fosas y fisuras [71, 77, 87] y para reparar cerámicas [71, 84]. También se han utilizado de forma exitosa en otras aplicaciones como: cementar postes de fibra de vidrio [88], obturación encima de un cemento a base de silicato de calcio (tipo MTA o similar) [83] y en obturaciones clase V para disminuir la hipersensibilidad dental [81, 82].

2.1.6.3. Composites en bloque.

El concepto de “obturación en bloque” no es nuevo en Odontología y se ha estudiado en diferentes épocas, pero siempre ha presentado una serie de inconvenientes como la contracción de polimerización y el aumento del gap que se forma entre las superficies del diente y el material [89].

Durante los últimos 30 años se ha investigado como reducir la tensión de la contracción de polimerización generada por los composites, mediante el estudio de las formulaciones de los composites con base de metacrilatos y también reduciendo el tamaño de las partículas y la distribución de las mismas mediante el uso de la nanotecnología [90]; hasta llegar a la reciente

introducción en el mercado de los materiales restauradores en bloque o “bulk fill”, que ha reiniciado la polémica en cuanto a la técnica de obturación en bloque o incremental [89].

Los composites en bloque se consiguen mediante una nueva e innovadora tecnología que está basada en cambios de la química de los monómeros. Los fabricantes han introducido esta nueva técnica modificando el monómero de Bowen para crear monómeros con una menor viscosidad. Esta modificación se logra por la incorporación de un Bis-GMA libre de hidroxilo, dimetacrilatos de uretano alifáticos, dimetacrilatos de uretano parcialmente aromáticos o metacrilatos altamente ramificados. Todas estas mejoras a nivel de la química de los monómeros y de la matriz orgánica, reducen la tensión de contracción de polimerización por encima del 70% [91]. Algunos de los composites fluidos en bloque como el SDR consiguen disminuir esta tensión de contracción añadiendo un modulador de polimerización de alto peso molecular en la estructura de la matriz, contribuyendo a retrasar el punto de gelificación del material, lo que representa un aumento de la viscosidad a través de la formación de una red y ésta permite un mayor tiempo en la fase de pregel del composite [78].

Estos nuevos composites tienen la particularidad que se pueden colocar en bloques de 4 mm de grosor [74, 92-97] sin los efectos negativos de la contracción de polimerización [74, 93-97], la adaptación a la cavidad [93] o el grado de conversión [93, 97, 98]. Otros factores que también se han mejorado en estos materiales son: la profundidad de polimerización [92, 94, 95, 99, 100]; y la desviación cuspídea (“*cuspal deflection*”) [92, 96]. Aún y con todas las mejoras que presentan, sigue existiendo un riesgo elevado a que se forme un gap interno en los márgenes de la cavidad [89] y se ha observado que son más susceptibles de deteriorarse por la influencia del agua en comparación con los composites convencionales, causando deformación por “*creep*” de estos composites [78].

La principal indicación de los composites en bloque son las reconstrucciones del sector posterior Clase I [89, 93], Clase II [92, 93, 101] y reconstrucciones mesio-ocluso-distal (MOD) [90, 92, 101].

Actualmente existen composites en bloque tanto fluidos como convencionales, la ventaja que presentan estos últimos es que tienen una resistencia a la abrasión mayor [90] y además no necesitan, como los fluidos, terminar la reconstrucción con un composite de consistencia convencional en los 2 mm finales a nivel oclusal [74, 93, 101].

2.2. Métodos de evaluación.

2.2.1. Estabilidad del color.

El color es una ciencia abstracta, ya que depende de dos factores. Por un lado del individuo haciendo que sea algo personal y subjetivo, y por otro es un fenómeno que depende de la luz que incide y se refleja sobre un objeto en relación a la posición relativa entre el observador, el objeto y la fuente emisora de luz [102]. Por lo tanto, la percepción del color por parte del ojo humano implica al espectro de luz visible que penetra en el ojo y estimula los tres tipos de receptores del color que hay en la retina y lo comunica al cerebro vía el nervio óptico [103, 104]. Existen muchos factores que influyen en la percepción del color individual, por ejemplo: las condiciones lumínicas (no es lo mismo la luz natural que la artificial) [105]; los efectos del fondo [104, 106, 107]; el daltonismo, la fatiga visual, la edad y otros factores fisiológicos [104, 105]; así como también la interpretación subjetiva de cada observador basándose en sus experiencias previas con el color [104] y la experiencia clínica y la educación sobre el tema del color [105].

El estudio del color en odontología ha aumentado exponencialmente en las últimas tres décadas [108, 109] y esto es debido al crecimiento de la demanda estética por parte de los pacientes, ya que es un parámetro que ellos juzgan para determinar la calidad de la restauración [110]. La selección y correspondencia del color entre el diente natural y los materiales restauradores con frecuencia es un procedimiento incomprendido e impredecible [111]. Además una elección del color inaceptable es una de las principales razones para sustituir una restauración de composite [30]. Por esta razón, actualmente existen dos formas de realizar la toma del color en odontología: la subjetiva con las guías de color tradicionales y la objetiva con los dispositivos electrónicos [110, 112-114].

Los dispositivos electrónicos como los colorímetros, espectrofotómetros y fotografías digitales permiten realizar la determinación del color de forma más precisa y reproducible y además se puede cuantificar la diferencia de color entre dos objetos, materiales o entre el diente natural y el material restaurador [112, 115] mediante el uso de diferentes fórmulas descritas por la Comisión Internacional l'Eclairage (CIE) que considera que es importante tener en cuenta: 1) el espectro de la luz desde la fuente de emisión de luz; 2) el espectro reflejado o transmitido desde el material y 3) las tres características espectrales del observador humano [103].

Se considera que el color del diente afecta a la apariencia a través de su influencia en la percepción personal y de los demás; dependiendo del país estudiado se observa que el porcentaje de insatisfacción con el color del diente natural varía desde el 23% de los británicos hasta el 65.9% en Arabia Saudí [116].

La expresión cromática del diente natural es dinámica y depende de la interacción de sus tres componentes: pulpa, dentina y esmalte. Cada uno de ellos tiene propiedades ópticas diferentes que se ven afectadas a su vez por el grosor, la composición y la estructura de cada uno de ellos, los cuales van sufriendo cambios a lo largo del tiempo, por lo que cambia el color en función de la edad [116-118]. De acuerdo con la literatura los dientes se clasifican en tres grupos de edad: jóvenes, adultos y ancianos [117, 118].

En los dientes jóvenes la pulpa tiene un gran tamaño, la dentina es opaca y se encuentra completamente cubierta por el esmalte que es grueso, translúcido y tiene un color blanco [117, 118]; en los dientes adultos se observa una ligera disminución del tamaño de la pulpa, la dentina empieza a engrosarse a perder opacidad y a saturarse, mientras que el esmalte es más delgado y más translúcido; por último los dientes ancianos se vuelven más oscuros y amarillentos [116, 119], y se atribuye a que la cámara pulpar se retrae, y el espacio lo ocupa dentina secundaria que es menos permeable haciendo que aumente la saturación del color de la misma y disminuya su opacidad. Por otra parte la capa de esmalte es más delgada y translúcida, haciendo que en algunas zonas la dentina quede expuesta por el desgaste, sobre todo en el borde incisal, quedando más expuestas a la tinción por factores extrínsecos [116-118].

También se ha visto que existen diferencias en cuanto al color del diente entre hombres y mujeres, siendo los dientes de este último grupo en general más claros y menos amarillos que los de los hombres [116, 119].

2.2.1.1. Sistemas de medición.

Uno de los sistemas descritos por el organismo CIE más utilizado en odontología es el sistema CIELab* descrito en 1976 que permitió por primera vez expresar el color de forma cuantitativa y numérica y calcular la diferencia entre dos colores (ΔE) de tal forma que se correspondiera con la percepción visual [109, 111, 120]. Este sistema es un método de medición del color tridimensional, donde L* hace referencia a la coordenada de la

luminosidad, cuyo rango va de 0 (negro) a 100 (blanco) y a^* y b^* son las coordenadas del croma en los ejes verde-rojo ($-a^*$ = verde; $+a^*$ = rojo) y azul-amarillo ($-b^*$ = azul; $+b^*$ = amarillo) respectivamente [111, 112, 114, 120]. En 2001 se publicó la fórmula CIEDE2000 (ΔE_{00}), que incorpora una serie de correcciones determinadas que no se tenían en cuenta en la fórmula CIELab* [121, 122] y tiene en cuenta parámetros relacionados con la influencia de la iluminación y las condiciones visuales en la evaluación de la diferencia del color [122], de tal forma que también se incluye la escala de grises y separa los parámetros del color en Luminosidad, Croma y Tono [111, 123, 124], reforzando la importancia de los conceptos originales del color propuestos por Munsell, obteniéndose una mejor correlación de los umbrales de perceptibilidad y aceptabilidad. Aun así muchos estudios siguen utilizando el sistema CIELab* por la facilidad a la hora de comparar sus resultados con los existentes en la literatura [124].

Durante mucho tiempo existió controversia sobre qué valor de ΔE era perceptible y no se consideraba clínicamente aceptable, pero en los últimos años se ha llegado al siguiente consenso: si ΔE es inferior 1 es imperceptible al ojo humano; cuando el ΔE se encuentra entre 1 y 3.3 es visible sólo para observadores experimentados y se considera que es clínicamente aceptable; y si el ΔE es superior a 3.3, entonces es fácilmente discernible y clínicamente no es aceptable [30, 31, 69, 125, 126].

Existen muchos estudios en los que se evalúa la estabilidad del color con diferentes dispositivos electrónicos, aunque actualmente el espectrofotómetro está considerado como el gold standard, porque está pensado y desarrollado para su uso clínico frente a los colorímetros u otros sistemas que son más de uso industrial [109]. Es un sistema cuantitativo y por tanto más objetivo a la hora de seleccionar el color en la clínica diaria y permite medir el color de un área concreta del diente [117]. Además, se ha demostrado que es el instrumento más preciso y fácil de usar en odontología [108] y se obtienen resultados con una gran reproducibilidad [115].

Los estudios clínicos son el mejor método para medir el cambio de color de los composites, pero éstos son complicados de realizar, se necesita mucho tiempo y son caros y además los resultados se obtienen años después de haberse iniciado. Por todo ello, se han desarrollado múltiples tipos de estudios que simulan largos períodos de tiempo en el medio oral y existen diferentes opciones: luz visible y radiación UV [127, 128]; inmersión en agua a 60°C por tiempo

prolongado [125, 129-131]; envejecimiento artificial acelerado [132, 133]; termociclado [134, 135]; la inmersión en diferentes medios como colutorios [136, 137], agentes blanqueantes [138, 139] o diferentes sustancias pigmentantes [140, 141].

2.2.1.2. Estudios con sustancias pigmentantes.

Los materiales restauradores estéticos deben mimetizarse con la apariencia natural del diente tanto en estabilidad del color a lo largo del tiempo como en coincidencia del mismo, por eso, uno de los mayores inconvenientes es el cambio de color de los composites tras una larga exposición en el medio oral y es una de las primeras causas de recambio de las restauraciones de composite [30, 142, 143].

Actualmente se describen tres tipos de cambios de color de los materiales dentales: 1) una externa debido a la acumulación de placa bacteriana y tinciones superficiales; 2) una alteración del color de la superficie del composite por una ligera penetración de los pigmentos en la capa más externa (adsorción) y 3) en el cuerpo del composite debido a reacciones físico-químicas en las partes internas de la restauración [140, 144].

El cambio de color es un proceso multifactorial que incluye tanto factores intrínsecos como extrínsecos. Los factores intrínsecos son la composición de la matriz orgánica [30, 126, 142, 143, 145-147]; el relleno tanto en carga como en tamaño de las partículas [30, 126, 142, 143, 145-148]; el tipo de fotoiniciador [143, 145-148] y el porcentaje de dobles enlaces C=C remanentes [146, 147]. Estos factores pueden causar un cambio de coloración química, que se puede asociar a un cambio u oxidación de la amina que actúa de acelerador, a una oxidación en la estructura de la matriz del polímero a grupos metacrilatos que no hayan reaccionado [142, 149]. Otro factor es la absorción de agua de la matriz del composite que puede cambiar el color y afectar a las propiedades tanto físicas como químicas [142, 150-152].

En cambio, los factores extrínsecos están asociados con la exposición a factores ambientales como la radiación UV [30, 146] y el calor [146]; los colutorios orales [148, 149, 153]; los colorantes alimenticios [146, 148, 149, 153] y el tabaco [143, 149, 154, 155]. En estos casos, el cambio de coloración está asociado a la tinción por la absorción o adsorción de los colorantes provenientes de las fuentes externas [30, 142, 143, 149] y los hábitos higiénicos [142, 143, 146, 154]. Algunos autores consideran que la intensidad y la duración de la

polimerización son un factor extrínseco [146], mientras que otros lo asocian a los factores intrínsecos por los efectos que causan en la polimerización interna del material [126].

Las sustancias pigmentantes más utilizadas actualmente para realizar este tipo de estudios son aquellas que se consideran bebidas de consumo habitual en la sociedad actual, como son el vino tinto, el café, el té negro, la Cola-Cola® y el zumo de naranja [30, 141, 142, 144, 146, 148, 153], aunque en la literatura también se encuentran estudios en los que se utilizan otras sustancias como pueden ser el vinagre [140]; el ketchup; la mostaza; la salsa de soja [156]; diferentes tipos de zumos como el de cereza, de zanahoria [149], de uva [145, 156] o de fruta de la pasión [156]; bebidas energéticas como Red Bull® o Powerade® [143]; whisky y tabaco [154]; diferentes tipos de té como el yerba mate [31, 150, 157] o el té verde [158, 159] o un termociclado en el que se mezclaban diferentes sustancias como el té, el café y una mezcla de zumos de frutas a diferentes temperaturas [145].

Se han diseñado una gran variedad de estudios donde la metodología es de lo más variada en una serie de factores como son: 1) la duración de los estudios (corto o largo plazo); 2) las mediciones (en qué momentos realizarlas); 3) la relación en cuanto al tiempo en que las muestras están en contacto con las sustancias pigmentantes; 4) si se deben pulir o no las restauraciones; y 5) el color del fondo en el que tomar las mediciones.

Los estudios con sustancias pigmentantes son un método de envejecimiento acelerado por eso se considera que un periodo de un mes suele ser aceptable, aunque existe una gran variabilidad de tiempos estudiados donde los más habituales son: 24 horas [148, 149, 154]; 1 semana [31, 54, 155, 160]; 2 semanas [113, 144, 161, 162]; 3 semanas [140, 159]; y 4 semanas [30, 126, 142, 146, 147, 156, 158, 163-165].

En 2010, Ardu y cols. [141] observaron que los estudios *in vitro* en los que se utilizaban cortos periodos de tiempo de inmersión de las muestras en las sustancias pigmentantes, no se reproducían adecuadamente la situación real del medio oral; en cambio, realizando estudios *in vitro* con una exposición a las sustancias pigmentantes durante periodos más largos de tiempo se podría llegar a reproducir la situación *in vivo*, sin los inconvenientes que representa realizar estudios clínicos. A partir de entonces surgieron estudios a dos meses [150, 157], a 90 días [153], a 99 días [141] y a seis meses [143].

En la literatura se puede observar que no hay un consenso claro en los tiempos en los que realizar las mediciones del color, aunque principalmente, como la gran mayoría de ellos tienen una duración de un mes está estandarizado realizarlas al inicio y cada semana [30, 147, 156, 158, 164, 165].

En la mayoría de los estudios dejan las muestras sumergidas durante todo el período del estudio en contacto directo las 24 horas del día con las sustancias pigmentantes [30, 141, 146, 147, 153, 155]; aunque hay otros que sumergen las muestras 7h/día en las sustancias pigmentantes y el resto del tiempo en saliva [158, 164]; o 1h/día [126]; 4h/d [31]; 10 min/d [144] e incluso 2 min/d [143] y en todos estos casos el resto del tiempo se guardan en agua destilada.

Uno de los factores más complejos de controlar en los estudios de cambio de color con sustancias pigmentantes es la rugosidad superficial de los materiales, ya que influye en las coordenadas del color que nos proporcionan los instrumentos electrónicos de medición del color, de tal forma que se ha visto que los composites con una superficie rugosa parecen más claros y por lo tanto presentan menos cambio de color que aquellos que tienen la superficie lisa [106], porque no pulir las muestras significa que queda una capa rica en matriz orgánica y ésta tiene una mayor tendencia a teñir el material [155]. En el caso de las muestras pulidas, se sabe que durante el proceso de pulirlas, las partículas de relleno se pueden arrancar dejando unos huecos que serán mayores o menores en tamaño dependiendo del tamaño o el tipo de las partículas y esto puede influir en la penetración de los pigmentos [148] y por lo tanto en la mayor o menor tendencia a cambiar de color.

Otro aspecto a estudiar y evaluar que presenta una gran controversia actualmente es el color del fondo sobre el que se realizan las mediciones del color. Hay autores que consideran que el color del fondo no tiene ninguna influencia en la percepción del color, otros piensan que la influencia es pequeña y la mayoría de autores que tiene mucha importancia [107]. Por lo tanto, no existe un consenso en cuál de los colores que se usan de fondo sería el ideal para los estudios in vitro y se utilizan indistintamente el gris [125, 155, 166]; el blanco [30, 54, 143, 146, 147] y el negro [120, 141, 167].

Muchos estudios utilizan el fondo blanco, porque sus autores consideran que el negro es más absorbente [113, 146, 168]; pero aunque se considera que el blanco podría ser un buen modelo para dientes posteriores, la situación clínica de los dientes anteriores está más

próxima al fondo negro y clínicamente es más aceptable [107, 141], por ejemplo en el caso de restauraciones clase IV el fondo negro hace que estas se mimeticen con el diente, por la influencia del negro de la cavidad oral [167].

2.2.1.3. Efecto de la temperatura.

En el día a día de las personas la temperatura de la cavidad oral puede cambiar en función de los alimentos que consumimos. Estos cambios no duran mucho tiempo, pero influyen en el comportamiento de los materiales que hay en el medio y en los dientes. Las variaciones de temperatura pueden ir desde menos 4°C al comer un helado, hasta los 72.5°C por beber un café, té o tomar una sopa. Algunos autores han realizado estudios para ver si estas temperaturas afectan a la estabilidad del color, tanto a altas temperaturas, entre 50°C y 70°C [125, 129-131] como a bajas temperaturas (10°C) [157, 169] porque quieren estudiar y ver el comportamiento de los materiales en estas situaciones consideradas extremas. Varios autores consideran que entre 50°C y 70°C los composites presentan degradación superficial [169], que afecta al color, ya que se observa un cambio [130].

Dentro de los estudios a altas temperaturas encontramos dos tipos: aquellos que someten las muestras a 60°C durante un mes [125, 131] o dos meses [129] siguiendo la metodología descrita por Asmussen en 1981 [130] en agua destilada; y los estudios que introducen las muestras en las bebidas, a lo que ellos consideran su temperatura de consumo habitual como puede ser el café o el té, a 70°C y la Coca-Cola® a 10°C [157, 169].

2.2.2. Absorción de agua y solubilidad.

Los composites en el medio oral húmedo pueden absorber agua u otros líquidos como la saliva, componentes alimenticios o bebidas, los cuales pueden tener una gran influencia en la degradación de los mismos [170, 171], ya que la excesiva incorporación de líquido puede producir efectos adversos en la estructura y la función de los materiales, llegando a reducir las propiedades físicas y mecánicas que acortan la vida útil de las restauraciones [151, 170, 172].

La absorción de agua es un proceso de difusión controlado dependiente del tiempo [29]. Este proceso, se produce en la matriz orgánica de los composites [173-175]. La solubilidad es un fenómeno asociado a la absorción que consiste en la liberación de monómeros y oligómeros residuales, así como también partículas de relleno e iones de las mismas [38, 170, 175] y está directamente relacionada con el grado de conversión de los composites [16, 170, 176].

El proceso de absorción de agua es complejo ya que provoca que sus moléculas difundan en el interior de la matriz orgánica causando una degradación química progresiva que origina cambios en la microestructura del material formándose una serie de poros, que son la vía de liberación de los productos de degradación (monómeros y oligómeros) [85, 152, 172] y de los iones de las partículas de relleno [177]. Al eliminarse, estas sustancias pueden provocar irritación y/o reacciones alérgicas retardadas, ya que suelen ser monómeros libres que quedan sin reaccionar [85, 173, 174, 177]. Además la lixiviación de las partículas de relleno también puede estimular el crecimiento bacteriano alrededor de las restauraciones, por lo que puede llegar a producirse caries secundaria y por lo tanto, la liberación de estos componentes tiene tanto un efecto en la estabilidad estructural del material [171] como en su biocompatibilidad [171, 177].

La naturaleza de la matriz orgánica de los composites tiene una gran importancia en cómo puede afectar el medio acuoso en el material [151, 170, 178]. Dentro de las características químicas que más influyen destaca la hidrofiliidad de los monómeros constituyentes; en general, estos son hidrofílicos debido a la presencia de grupos polares en su estructura que tiende a ser atraída por las moléculas de agua para formar puentes de hidrógeno. Sin embargo, el grado de hidrofiliidad de los monómeros varía dependiendo del tipo de grupo funcional de la estructura del monómero, por ejemplo, el grupo hidroxilo presente en el Bis-GMA puede formar puentes de hidrógeno más fuertes con moléculas de agua comparado con el éter y el uretano presentes en Bis-EMA y UDMA. Por eso, se ha observado que si se incorpora UDMA o Bis-EMA al Bis-GMA, se disminuye la absorción de agua y en cambio, cuando se combina con TEGDMA se incorpora más agua en la matriz del composite [170].

A parte del tipo de monómero que forma la matriz orgánica, existen otro tipo de parámetros estructurales como son la densidad de los dobles enlaces, la porosidad de la matriz del polímero y la cantidad de relleno que afectan a la absorción de agua [151, 178]. Por todo ello, se ha observado que los composites que presentan entrecruzamientos de alta densidad, mínimas porosidades y tienen una mayor cantidad de relleno en el interior de la matriz, tienen tendencia a mostrar valores de absorción de agua inferiores [34, 170].

Los fenómenos de absorción de agua y solubilidad pueden actuar como iniciadores de varios procesos tanto químicos como físicos que causan efectos perjudiciales en los composites afectando a sus propiedades [151, 177-179], como son: 1) cambios volumétricos [151, 179], como la expansión higroscópica y el stress higroscópico que pueden producir

microcracks o fracturas en cúspides restauradas [29, 85]; 2) cambios físicos, como el reblandecimiento [151, 177, 179] y la plastificación que causa una reducción en la dureza, en la temperatura de transición vítrea y una disminución de la resistencia al desgaste [29]; y 3) cambios químicos, como la oxidación o la hidrólisis [151]. Además de estos tres procesos, también se produce una ruptura hidrolítica de la unión del silano y las partículas del relleno, dando lugar a la desunión de la matriz orgánica y el relleno, [173-175, 177] lo que provoca una pérdida de la masa del composite [174] perjudicando propiedades como la resistencia a la tensión, a la flexión y el módulo de flexión elástica [13, 177, 180, 181]. Todos estos factores también afectan a la resistencia a la tinción [179] y al cambio de color [180, 181].

Sin embargo, no todos los efectos de la absorción de agua son negativos, ya que una absorción moderada puede tener efectos positivos como es la contribución a la reducción del stress de contracción de polimerización, compensando de esta forma la contracción de polimerización y mejorando el sellado marginal [13, 25, 177].

Los estudios de absorción de agua y de solubilidad se rigen por la Normativa ISO 4049 [182], que es un método estandarizado para la evaluación de estos parámetros y determina que en un tiempo de inmersión de los materiales de 7 días, los valores inferiores a $40 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ para la absorción y a $7,5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ para la solubilidad, son válidos. Sin embargo, el tiempo de inmersión establecido por la normativa no es suficiente, ya que muchos composites normalmente se saturan entre los 7 y 60 días [170]; por eso Ferracane [151] considera que el tiempo de inmersión es crucial para determinar la pérdida de las propiedades mecánicas óptimas de los materiales.

Por esta razón, se han diseñado gran variedad de estudios donde metodológicamente se sigue lo establecido descrito en la normativa ISO4049, pero variando el tiempo de inmersión desde horas [174, 183], días [34, 38, 173-175, 178, 180, 181], hasta meses [25, 29, 45, 46, 85, 170, 173, 174, 179, 183].

2.2.3. Microfiltración.

La microfiltración se describe como el paso químico detectable de bacterias, fluidos, moléculas o iones entre las paredes de la cavidad y el material restaurador [184, 185] debido a la contracción de los composites [186], comprometiendo el éxito de la restauración [74].

Las causas por las que hay un compromiso de la restauración son que se produce un bajo sellado marginal [74, 75, 187]; puede dar lugar a la fractura de la restauración [187] o del esmalte [186]; y producirse la solubilidad del sistema adhesivo [187]. Por todos estos factores puede llegar a producirse sensibilidad postoperatoria [186, 187]; caries secundaria [74, 75, 78, 186, 187]; tinción marginal [75, 186]; e irritación pulpar [75, 78, 187]; incluso un eventual fallo de la restauración [186] y la pérdida del diente [78].

En los estudios *in vitro* para evaluar la microfiltración se pueden usar dos técnicas: el análisis de las imágenes de SEM [188] y la penetración de tintes, donde los más habituales son el azul de metileno, la fucsina y el nitrato de plata [184, 188] y es menos común el uso de tinta china [188]. También se están empezando a utilizar métodos de medición digitales con software especiales que dan los valores de filtración en milímetros [185].

Existe cierta controversia en si la penetración de tintes es un método clínicamente predictivo, porque hay un vacío en si existe una correlación de los datos entre los estudios de integridad marginal de laboratorio y los estudios realmente clínicos [188], ya que presentan una serie de limitaciones como son: 1) sólo proporcionan una visión bidimensional; y 2) durante el proceso de preparación y corte de las muestras, se produce una pérdida de muestra en cada corte [86]. Otro factor a tener en cuenta en su predictibilidad es el tiempo de inmersión de las muestras en el tinte, ya que no existe un consenso; hay estudios que sumergen las muestras 10 segundos, otros horas, días e incluso meses, por lo que un tiempo prolongado de exposición al tinte puede ser una variable que puede interferir en los resultados por la hidrofiliidad de algunos materiales y por tanto una mayor tendencia a absorber agua y el colorante [188]. Por eso, Ernst y cols. [188] consideran que las imágenes de SEM son el gold standard para evaluar la filtración marginal de las restauraciones y Rengo y cols. [86] comentan que se está empezando a investigar el uso del μ CT para obtener mediciones cuantitativas tridimensionales de la filtración.

3. HIPÓTESIS DE TRABAJO

3.1. Hipótesis nula:

H₀₁: El cambio del color de los composites fluidos estudiados no varía ni en las diferentes sustancias pigmentantes ni en las diferentes temperaturas.

H₀₂: La absorción de agua y solubilidad de los composites estudiados se mantiene estable durante los diferentes tiempos de estudio.

3.2. Hipótesis alternativa:

H₁₁: El cambio del color de los composites estudiados es mayor en las diferentes sustancias pigmentantes y en las diferentes temperaturas.

H₁₂: La absorción de agua y solubilidad de los composites estudiados aumenta durante los diferentes tiempos de estudio.

3.1. Null hypothesis:

H₀₁: the colour change of the flowable composites under study varies neither in different staining solutions nor at different temperatures.

H₀₂: the water sorption and solubility of the composites under study remain stable during different study times.

3.2. Alternative hypothesis:

H₁₁: the colour change of the composites under study is greater in different staining solutions and at different temperatures.

H₁₂: the water sorption and solubility of the composites under study increase during different times of study.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo principal:

Determinar la relación que existe entre el cambio del color de 9 composites fluidos con la absorción de agua de los mismos y la relación entre el cambio del color y la exposición a 5 sustancias pigmentantes a diferentes temperaturas.

4.2. Objetivos secundarios:

1. **Determinar el cambio del color** de los composites fluidos nanopartículas (Tetric EvoFlow, Venus Diamond Flow, Premise Flowable, Filtek Supreme XTE); en bloque (SDR, Venus Bulk Fill, Filtek Bulk Fill, Sonic Fill); y autoadhesivo (Vertise Flow) sumergidos en agua destilada, café, té, vino tinto, coca-cola y zumo de naranja durante 1, 2, 3 y 4 semanas; 3 y 6 meses **a 37 °C**.

2. **Determinar el cambio del color** de los composites fluidos de nanopartículas (Tetric EvoFlow, Venus Diamond Flow, Premise Flowable, Filtek Supreme XTE); en bloque (SDR, Venus Bulk Fill, Filtek Bulk Fill, Sonic Fill); y autoadhesivo (Vertise Flow) sumergidos en agua destilada, café, té, vino tinto, coca-cola y zumo de naranja durante 1, 2, 3 y 4 semanas; 3 y 6 meses **a 5 °C**.

3. **Determinar el cambio del color** de los composites fluidos de nanopartículas (Tetric EvoFlow, Venus Diamond Flow, Premise Flowable, Filtek Supreme XTE); en bloque (SDR, Venus Bulk Fill, Filtek Bulk Fill, Sonic Fill); y autoadhesivo (Vertise Flow) sumergidos en agua destilada, café, té, vino tinto, coca-cola y zumo de naranja durante 1, 2, 3 y 4 semanas; 3 y 6 meses **a 60 °C**.

4. **Determinar la absorción de agua y la solubilidad** de los composites fluidos de nanopartículas (Tetric EvoFlow, Venus Diamond Flow, Premise Flowable, Filtek Supreme XTE); en bloque (SDR, Venus Bulk Fill, Filtek Bulk Fill, Sonic Fill); y autoadhesivo (Vertise Flow) sumergidos en agua destilada durante 1, 2, 3 y 4 semanas; 3 y 6 meses **a 37 °C**.

4.1. Main objective:

Determine the relationship between the colour change of 9 flowable composites and their water sorption and solubility, and between the colour change and exposure to 5 staining solutions at different temperatures.

4.2. Secondary objectives:

1. **Determine the colour change** of flowable nanohybrid composites (Tetric EvoFlow, Venus Diamond Flow, Premise Flowable, Filtek Supreme XTE), bulk fill (SDR, Venus Bulk Fill, Filtek Bulk Fill, Sonic Fill), and self-adhesive (Vertise Flow) immersed in distilled water, coffee, tea, red wine, Coca-Cola® and orange juice for 1, 2, 3 and 4 weeks; 3 and 6 months **at 37 °C**.

2. **Determine the colour change** of flowable nanohybrid composites (Tetric EvoFlow, Venus Diamond Flow, Premise Flowable, Filtek Supreme XTE), bulk fill (SDR, Venus Bulk Fill, Filtek Bulk Fill, Sonic Fill), and self-adhesive (Vertise Flow) immersed in distilled water, coffee, tea, red wine, Coca-Cola® and orange juice for 1, 2, 3 and 4 weeks; 3 and 6 months **at 5 °C**.

3. **Determine the colour change** of flowable nanohybrid composites (Tetric EvoFlow, Venus Diamond Flow, Premise Flowable, Filtek Supreme XTE), bulk fill (SDR, Venus Bulk Fill, Filtek Bulk Fill, Sonic Fill), and self-adhesive (Vertise Flow) immersed in distilled water, coffee, tea, red wine, Coca-Cola® and orange juice for 1, 2, 3 and 4 weeks; 3 and 6 months **at 60 °C**.

4. **Determine the water sorption and solubility** of flowable nanohybrid composites (Tetric EvoFlow, Venus Diamond Flow, Premise Flowable, Filtek Supreme XTE), bulk fill (SDR, Venus Bulk Fill, Filtek Bulk Fill, Sonic Fill), and self-adhesive (Vertise Flow) immersed in distilled water, for 1, 2, 3 and 4 weeks; 3 and 6 months **at 37 °C**.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

Para conseguir los objetivos e hipótesis de trabajo anteriormente planteados, se realizaron 2 grupos de estudio: por un lado, se estudió el cambio de color de los composites a diferentes temperaturas y diferentes sustancias pigmentantes para simular un envejecimiento rápido de los materiales, y por otra parte, se realizó el estudio de absorción de agua y solubilidad para ver si se puede relacionar la tendencia a absorber agua de los materiales con la capacidad de tinción de los mismos. Los materiales estudiados en ambos estudios se pueden ver en la Tabla 1.

5.1. Grupo de estudio 1: Estudio del cambio de color.

5.1.1. Preparación de las muestras.

En total se prepararon 810 discos de composite fluido de color A2 o Universal de 10mm de diámetro por 2mm de altura estandarizados con un molde de silicona de adición (Contrast, VOCO, Cuxhaven, Alemania; LOT 1118534). Éste se rellenó con el material y encima se colocó una hoja de poliéster para conseguir una superficie lisa y una loseta de vidrio para ejercer presión sobre el material. Las muestras se polimerizaron durante 60 segundos por cada cara con la lámpara LED Demi (sds Kerr Corp, Middleton WI, USA) a una intensidad de $1194\text{mW}/\text{cm}^2$. Una vez finalizados los discos se pulieron con un disco de pulir de carburo de silicio de grano 1.200 de forma manual para eliminar las rebabas e imperfecciones. Tras este procedimiento, las muestras se conservaron a temperatura ambiente y en total ausencia de luz hasta el inicio del estudio para obtener un grado de conversión óptimo (Figura 1).

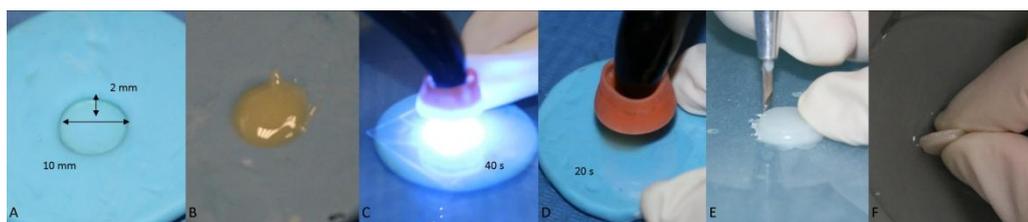


Figura 1. Preparación de las muestras del estudio de cambio de color: A) molde de 10x2mm; B) Colocación composite; C) Polimerización a través de los vidrios; D) 20 s de polimerización sin cristal; E) Recortar rebabas y excesos; F) Pulido bordes.

Código	Nombre comercial	Tipo de composite	Composición	Color	Batch #LOT	Fabricante
PF	Premise Flowable	Nanopartículas	Matriz: EBPDMA, TEGDMA Relleno (84wt%, 70vol%): Prepolymerized filler (PPF), bBarium glass, silica filler	A2	LOT 476526	KerrHawe S.A., Bioggio, Suiza
VF	Vertise Flow	Autoadhesivo	Matriz: GPDM and methacrylate co-monomers Relleno (70wt%, 48vol%): Prepolymerized filler, barium glass, nano- sized colloidal silica, nano-sized ytterbium fluoride	A2	LOT 4732395	KerrHawe S.A., Bioggio, Suiza
SF	Sonic Fill	En Bloque	Matriz: Bis-GMA, TEGDMA, Bis-EMA, SIMA Relleno (84wt%, 66.8vol%)	A2	LOT 4735797 LOT 5303407	KerrHawe S.A., Bioggio, Suiza
VBF	Venus Bulk Fill	En Bloque	Matriz: UDMA, EBPDM Relleno (65wt%, 38vol%): Ba-Al-F-Si Glass, SiO ₂	U	LOT 010101	Heraeus Kulzer, Hanau, Alemania
VDF	Venus Diamond Flow	Nanopartículas	Matriz: UDMA, EBADMA Relleno (65wt%, 41vol%): Ba-Al-F-silicate glass, YbF ₃ , SiO ₂	A2	LOT 010105	Heraeus Kulzer, Hanau, Alemania
TEF	Tetric EvoFlow	Nanonpartículas	Matriz: Bis-GMA, UDMA, TEGDMA Relleno (58wt%, 30.7vol%): Barium glass, YbF ₃ , Ba-Al-Fluorosilicate glass, SiO ₂	A2	LOT S13466 LOT T39380	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
SDR	SDR	En Bloque	Matriz: UDMA, TEGDMA, EBPDM Relleno (68wt%, 44vol%): Ba-Al-F-B-Si glass, St-Al-F-Si glass	U	LOT 1301000164 LOT 1211014	Dentsply, Konstanz, Alemania
FSXT	Filtek Supreme XTE	Nanopartículas	Matriz: Bis-GMA, TEGDMA, Bis-EMA Relleno (58–82wt%, 46vol%): Ceramic (52-60wt%) SiO ₂ (3–11wt%) ZrOx (3–11wt%)	A2	LOT N432599	3M ESPE, St. Paul, MN, USA
FBF	Filtek Bulk Fill	En Bloque	Matriz: Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA, Procrilat resins. Relleno (64.5wt%, 42.5vol%): Ytterbium trifluoride filler, zirconia/silica	U	LOT N426221 LOT N616734	3M ESPE, St. PAUL, MN, USA

Tabla 1. Materiales estudiados.

5.1.2. Soluciones pigmentantes.

Para evaluar el cambio de color, se realizaron 90 discos de cada material y se distribuyeron siguiendo el esquema representado en la Figura 2, de tal forma que cada composite tenía 15 muestras en cada una las sustancias estudiadas (agua destilada, café, Cola-Cola®, té, vino tinto y zumo de naranja) y posteriormente se subdividieron en 5 muestras por cada temperatura (5°C, 37°C y 60°C). El agua destilada actuó como grupo control. Las muestras se introdujeron en placas de 24 pocillos organizadas según sustancia pigmentante y cada muestra se colocó horizontalmente de forma individual en cada pocillo de la placa y se cubrió con 2mL de cada una de las sustancias pigmentantes almacenadas a las diferentes temperaturas estudiadas (Figura 3).

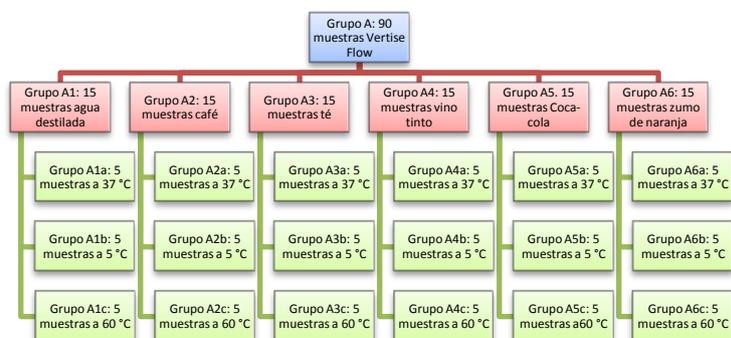


Figura 2. Detalle de distribución de las muestras del estudio de cambio de color. Ejemplo Grupo A: composite fluido Vertise Flow.

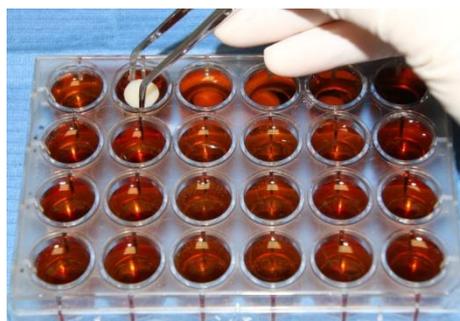


Figura 3. Imagen de las muestras en una placa de 24 sumergidas en Coca-Cola®.

Para los grupos de 37°C±1°C y 60°C±1°C se utilizó una incubadora Memmert (Schwabach, Alemania) y para el grupo de 5°C±1°C una nevera convencional Liebherr (Ochsenhausen, Alemania). Los líquidos de estudio fueron renovados cada 2 días y se registraron los valores del pH (pHMeter Basic 20, Crison International, Alella, España) antes de sumergir las muestras, para comprobar que se mantuvieron estables (Tabla 2).

Código	Sustancia	pH (SD)	Composición	Marca	#LOT
AD	Agua destilada	5.84 (0.45)	Agua destilada	Quicesa, España	L140970938
CF	Café	4.58 (0.09)	2g/50mL agua caliente	Nescafé Classic, Nestlé SA, Vevey, Suiza	229310922D
CC	Coca-Cola	2.50 (0.17)	Agua carbonatada, colorante E-150d, edulcorantes E-952, E-950 y aspartato, acidulante E-338, aromas naturales y corrector de acidez E-331. Contiene una fuente de fenilalanina	The Coca-Cola Company (Atlanta, GA, Estados Unidos)	B5F1055
TE	Té	4.69 (0.13)	1 bolsa (2g)/50mL agua caliente	English Breakfast, Twinings™ (Londres, Inglaterra)	3648158-207
VT	Vino Tinto	3.55 (0.14)	12.5% vol	Cariñena, España	L14002
ZN	Zumo de naranja	3.28 (0.17)	-	Don Simón, España	D433

Tabla 2. Sustancias pigmentantes estudiadas

5.1.3. Toma de color.

La toma de color inicial de todas las muestras se realizó de acuerdo a la escala de color CIE $L^*a^*b^*$ relativa a la iluminación estándar D65 sobre un fondo de color negro mediante el uso de un espectrofotómetro SpectroShade MHT (MHT S.P.A, Arbizzano di Negrar, Italia) (Figura 4). Antes de cada medición se calibró el espectrofotómetro de acuerdo con las indicaciones del fabricante.



Figura 4. Espectrofotómetro.

Todas las mediciones fueron realizadas por un solo operador, al inicio (T0), 1 semana (T1), 2 semanas (T2), 3 semanas (T3) 4 semanas (T4); 3 meses (T5) y 6 meses (T6). Todas las muestras se limpiaron con agua destilada abundante y se secaron con papel absorbente previamente a cada medición.

La diferencia de color (ΔE) entre las diferentes coordenadas se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Eq. 1. } \Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

Se consideró que la tinción era clínicamente inaceptable cuando $\Delta E \geq 3.3$ [30, 31, 125].

5.1.4. Análisis estadístico.

Para realizar el análisis estadístico del estudio de cambio de color se obtuvieron tres valores de cada muestra. Todos estos valores se registraron en hojas de cálculo de Excel y posteriormente se analizaron con el programa estadístico StatGraphics Centurion XV (Stat Point Technologies Inc, Warrenton, Virginia, USA) mediante el análisis estadístico ANOVA Multifactorial de medidas repetidas con 2 interacciones para observar la relación entre los composites y las condiciones experimentales (sustancias pigmentantes, temperatura y tiempo). Para determinar las diferencias existentes entre los grupos, se utilizó el test *post-hoc* de Fisher. Se aceptaron como estadísticamente significativos aquellos datos que tuvieron un p valor < 0.05.

5.2. Estudio 2: Absorción de agua y solubilidad.

5.2.1. Preparación de las muestras.

En total se prepararon 270 discos de composite fluido de color A2 o Universal de 15mm de diámetro por 1mm de altura estandarizados con un molde de silicona de adición (Contrast, VOCO, Cuxhaven, Alemania; LOT 1118534). Éste se rellenó con el material y encima se colocó una hoja de poliéster para conseguir una superficie lisa y una loseta de vidrio para ejercer presión sobre el material. Las muestras se polimerizaron durante 60 segundos por cada cara con la lámpara LED Demi (sds Kerr Corp, Middleton WI, USA) a una intensidad de 1167mW/cm². Una vez finalizados los discos se pulieron con un disco de pulir de carburo de silicio de grano 1.200 de forma manual para eliminar las rebabas e imperfecciones y el diámetro no debía ser inferior a 14.8mm siguiendo las indicaciones descritas en la Normativa ISO 4049:2009 [182]. Tras este procedimiento, las muestras se conservaron a temperatura ambiente y en total ausencia de luz hasta el inicio del estudio para obtener un grado de conversión óptimo (Figura 5).

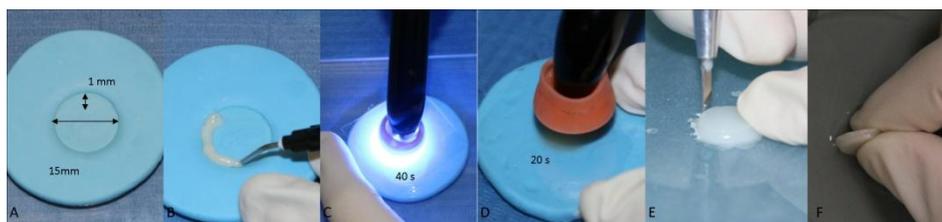


Figura 5. Preparación de las muestras del estudio de absorción de agua y solubilidad: A) molde de 15x1mm; B) Colocación composite; C) Polimerización a través de los vidrios; D) 20 s de polimerización sin cristal; E) Recortar rebabas y excesos; F) Pulido bordes.

5.2.2. Procedimiento absorción de agua.

El estudio de absorción de agua y solubilidad se realizó de acuerdo a la normativa ISO 4049:2009. Inicialmente, cada muestra fue pesada con una báscula de precisión (Explorer, Ohaus Corporation, Parsippany, NJ, USA) y se introdujo en gel de sílice (Químics Dalmau, Barcelona, España) y se mantuvieron a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ en una incubadora (Memmert, Schwabach, Alemania) durante 22h y seguidamente se pusieron 2h a $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Todas las muestras fueron pesadas diariamente hasta conseguir un peso constante (m_1) con una variación de $\pm 0,1\text{mg}$. En este momento se midió el diámetro y el grosor de cada muestra 3 veces para calcular el volumen de cada una de las muestras en mm^3 (Figura 6). Las muestras se sumergieron en viales individuales en posición vertical, para que absorbieran agua por todas las superficies, que contenían 20mL de agua destilada y se conservaron a $37^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ (Figura 7) en la distribución que se puede ver representada en la Figura 8, de tal forma que cada composite tenía 30 muestras, que a su vez se subdividían en 5 muestras en los período de tiempo descrito para el estudio de cambio de color: 1 semana (T1), 2 semanas (T2), 3 semanas (T3) y 4 semanas (T4); 3 meses (T5) y 6 meses (T6).



Figura 6. Procedimiento pesado de muestras: A) báscula de precisión; B) bandeja para muestra; C) descontar el peso; D) muestra y peso.

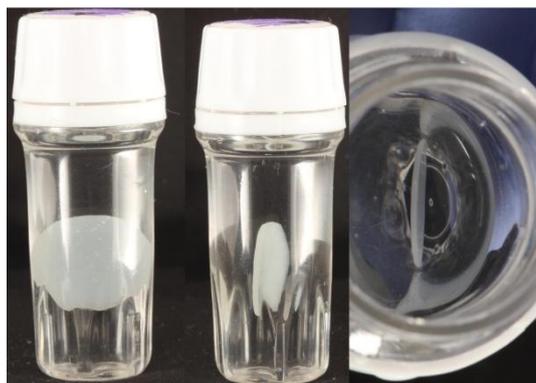


Figura 7. Muestras sumergidas en agua destilada en posición vertical.



Figura 8. Detalle de la distribución de las muestras del estudio de absorción de agua y solubilidad. Ejemplo Grupo A. Composite fluido Vertise Flow.

Posteriormente a cada período de inmersión, las muestras se retiraron de los viales, se secaron con papel absorbente y se pesaron para obtener m_2 . Finalmente, se volvieron a someter al período de desecado explicado anteriormente hasta conseguir que el peso fuera constante otra vez (m_3).

Para calcular la absorción de agua (W_s) y la solubilidad (W_L) se utilizaron las siguientes fórmulas descritas en la Normativa ISO 4049:2009.

$$\text{Eq. 2.} \quad W_s = (m_2 - m_3) / V$$

donde m_2 es la masa del disco en μg después de la inmersión en agua; m_3 es la masa reacondicionada del disco y V es el volumen del disco en mm^3 .

$$\text{Eq. 3.} \quad W_L = (m_1 - m_3) / V$$

donde m_1 es la masa del disco en μg antes de la inmersión en agua; m_3 es la masa reacondicionada del disco y V es el volumen del disco en mm^3 .

5.2.3. Análisis estadístico.

Para realizar el análisis estadístico del estudio de absorción de agua y solubilidad se registraron los valores en hojas de cálculo de Excel y posteriormente se analizaron con el programa estadístico StatGraphics Centurion XV (Stat Point Technologies Inc, Warrenton,

Virginia, USA) mediante el análisis estadístico ANOVA Multifactorial de medidas repetidas con 2 interacciones para observar la relación entre los composites y las condiciones experimentales (tiempo). Para determinar las diferencias existentes entre los grupos se utilizó el test *post-hoc* de Fisher. Se aceptaron como estadísticamente significativos aquellos datos que tuvieron un p valor < 0.05.

También se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar la relación existente entre la absorción de agua y la solubilidad con el cambio de color en agua destilada a 37 °C.

6. RESULTADOS

6.1. Grupo estudio 1. Cambio de color.

6.1.1. Análisis comparativo de las tres temperaturas de estudio.

Se realizó un análisis de ANOVA Multifactorial de medidas repetidas con dos grados de interacción y se observó que existen diferencias estadísticamente significativas cuando realizamos la interacción entre composites – sustancias pigmentantes, composites – tiempo y composites – temperatura (p valor < 0.001).

En global al cruzar todos los composites entre ellos realizando un análisis *post hoc* de Fisher se observa que el material que presenta menor cambio de color es FSXT ($\Delta E = 8.67 \pm 9.57$) y el que más cambia es VBF ($\Delta E = 18.60 \pm 15.29$). Pero tal y como se puede observar en la Tabla 3, dependiendo de la temperatura que estudiemos, el composite con menos cambio de color es diferente en todos los casos, siendo PF ($\Delta E = 3.73 \pm 2.83$) a 5°C , FSXT ($\Delta E = 7.58 \pm 5.92$) a 37°C y VF ($\Delta E = 13.86 \pm 13.32$) a 60°C . En cambio, VBF es el composite que más tendencia a teñirse tiene en todas las temperaturas. Existen diferencias estadísticamente significativas entre todos los composites excepto entre FBF, VDF y SDR.

Composite	Cambio de color (ΔE)			Totales
	5°C	37°C	60°C	
FSXT	4.04 (3.15) ^{b*}	7.58(5.92) ^{a*}	14.41(13.21) ^{b*}	8.67(9.57) ^{a*}
VF	4.03(4.72) ^{b*}	9.35(8.53) ^{b*}	13.86(13.32) ^{a*}	9.08(9.92) ^{b*}
PF	3.73(2.83) ^{a*}	9.33(7.38) ^{b*}	17.13(15.14) ^{b*}	10.06(11.29) ^{c*}
SF	7.04(7.20) ^{d*}	11.91(8.77) ^{c*}	17.42(15.28) ^{c*}	12.12(11.77) ^{d*}
TEF	4.31(4.44) ^{c*}	14.12(11.84) ^{d*}	19.78(17.61) ^{d*}	12.73(14.11) ^{e*}
FBF	6.86(6.44) ^{e*}	16.31(13.08) ^{f*}	23.44(19.16) ^{e*}	15.54(15.46) ^{f*}
VDF	5.61(4.65) ^{d*}	17.94(15.36) ^{g*}	23.55(21.27) ^{f*}	15.71(17.10) ^{fg*}
SDR	7.86(5.66) ^{g*}	15.28(12.82) ^{e*}	24.47(18.24) ^{g*}	15.87(14.91) ^{g*}
VBF	11.26(8.02) ^{h*}	19.99(14.46) ^{h*}	24.54(18.37) ^{h*}	18.60(15.29) ^{h*}
Total	6.08(5.96)	13.54(12.03)	19.84(17.44)	13.15(13.90)

Tabla 3. Resumen ΔE (desviación estándar) composites por temperaturas, global. El color gris claro marca el composite con menos cambio de color en cada grupo de temperatura y el gris oscuro el que más cambia. * Indica valores clínicamente inaceptables ($\Delta E > 3.3$). FSXT: Filtek Supreme XTE; VF: Vertise Flow; PF: Premise Flowable; SF: Sonic Fill; TEF: Tetric EvoFlow; FBF: Filtek Bulk Fill; VDF: Venus Diamond Flow; SDR: Smart Dentin Replacement; VBF: Venus Bulk Fill

En cuanto a las sustancias pigmentantes, se observa que da igual el tiempo y la temperatura a la que se sometan las muestras ya que todas tiñen, desde la primera hasta la última semana. De forma global observamos que Agua destilada, Coca-Cola® y Zumo de naranja a 5°C presentan un cambio de color dentro del rango que se considera clínicamente aceptable ($\Delta E \geq 1 \leq 3.3$); a 37°C esto pasa en agua destilada y Coca-Cola® y a 60°C sólo el agua destilada. El resto de sustancias tienen un cambio de color clínicamente perceptible e inaceptable ($\Delta E \geq 3.3$) y de menor a mayor la tinción es: AD<CC<ZN<TE<CF<VT, ver Tabla 4 y Figuras 9-10. Se observan diferencias estadísticamente significativas entre todas las sustancias pigmentantes.

Cambio de color (ΔE)				
Sustancia pigmentante	5 °C	37 °C	60 °C	Totales
Agua destilada	1.47(1.04) ^a	2.01(1.23) ^a	2.59(1.78) ^a	2.02(1.46)^a
Coca-cola	2.02(1.77) ^b	2.71(2.07) ^b	4.95(3.17) ^{b*}	3.23(2.71)^b
Zumo de naranja	2.48(1.78) ^c	8.46(5.27) ^{c*}	12.75(5.39) ^{c*}	7.90(6.14)^{c*}
Té	6.70(3.65) ^{d*}	21.39(10.26) ^{d*}	19.23(8.47) ^{d*}	15.77(10.27)^{d*}
Café	9.75(5.68) ^{e*}	22.04(8.56) ^{e*}	38.32(12.66) ^{e*}	23.37(15.02)^{e*}
Vino tinto	14.07(5.64) ^{f*}	24.61(11.16) ^{f*}	41.23(13.53) ^{f*}	26.63(15.43)^{f*}
Total	6.08(5.96)	13.54(12.03)	19.84(17.44)	13.15(13.90)

Tabla 4. ΔE (desviación estándar) según las diferentes sustancias pigmentantes. * Indica valores clínicamente inaceptables ($\Delta E > 3.3$)

Gráfico de Interacciones

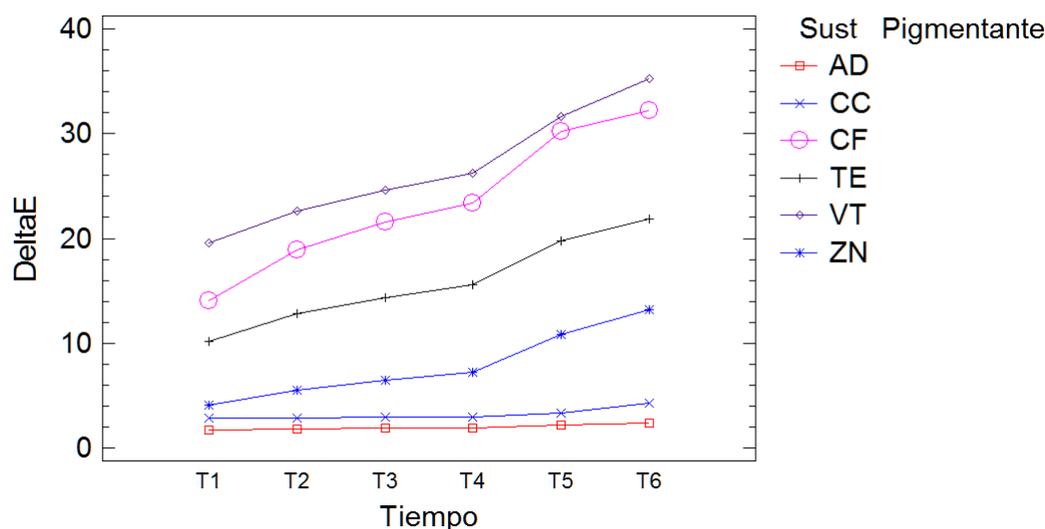


Figura 9. Interacción entre las sustancias pigmentantes y el tiempo. AD: agua destilada; CC: Coca-Cola®; CF: Café; TE: té; VT: vino tinto; ZN: zumo de naranja//T1: 1 semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: 3 meses y T6: 6 meses.

Gráfico de Interacciones

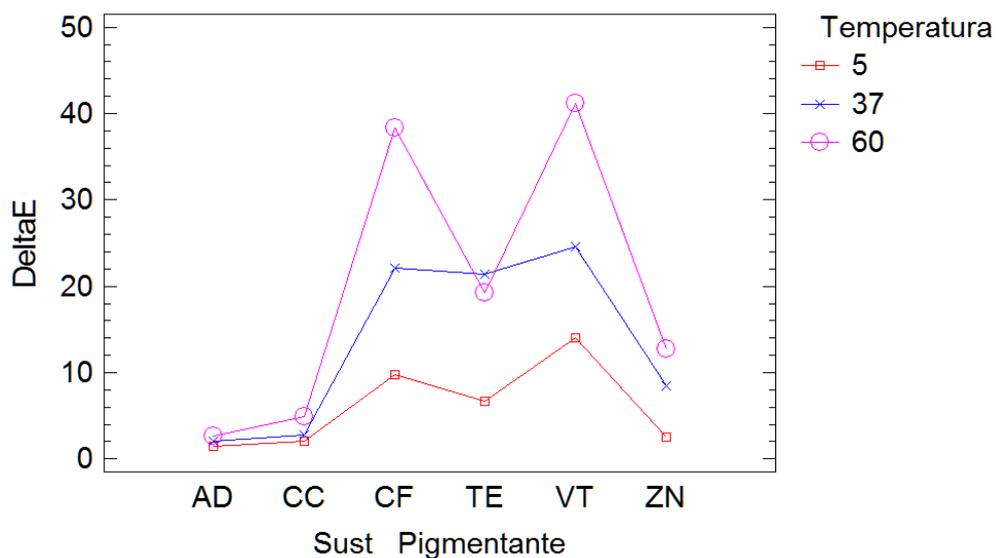


Figura 10. Interacción entre las sustancias pigmentantes y la temperatura. AD: Agua destilada; CC: Coca-Cola®; CF: Café; TE: Té; VT: Vino tinto; ZN: Zumo de naranja.

En relación al tiempo, de forma global también se observa un aumento progresivo del cambio de color desde la primera semana (8.74 ± 9.18) hasta los 6 meses (18.21 ± 17.08) y para todas las temperaturas, de forma independiente, se observa el mismo comportamiento a lo largo del tiempo de estudio, ver tabla 5 (Figura 11). Se observan diferencias estadísticamente significativas para todos los tiempos de estudio.

Tiempo	Cambio de color (ΔE)			Totales
	5 °C	37 °C	60 °C	
T1	4.73(4.64) ^{a*}	8.85(7.77) ^{a*}	12.65(11.82) ^{a*}	8.74(9.18) ^{a*}
T2	5.15(5.01) ^{b*}	10.88(9.46) ^{b*}	16.28(14.36) ^{b*}	10.77(11.29) ^{b*}
T3	5.35(5.14) ^{c*}	12.36(10.65) ^{c*}	18.27(15.70) ^{c*}	11.99(12.52) ^{c*}
T4	5.76(5.65) ^{d*}	13.20(113.35) ^{d*}	19.68(16.51) ^{d*}	12.88(13.29) ^{d*}
T5	7.17(6.46) ^{e*}	16.88(13.85) ^{e*}	24.94(19.73) ^{e*}	16.33(16.13) ^{e*}
T6	8.33(7.54) ^{f*}	19.04(14.61) ^{f*}	27.25(20.62) ^{f*}	18.21(17.08) ^{f*}
Total	6.08(5.96)	13.54(12.03)	19.84(17.44)	13.15(13.90)

Tabla 5. Resumen ΔE (desviación estándar) en función del tiempo y de la temperatura. T1: 1 semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: 3 meses; T6: 6 meses.

Gráfico de Interacciones

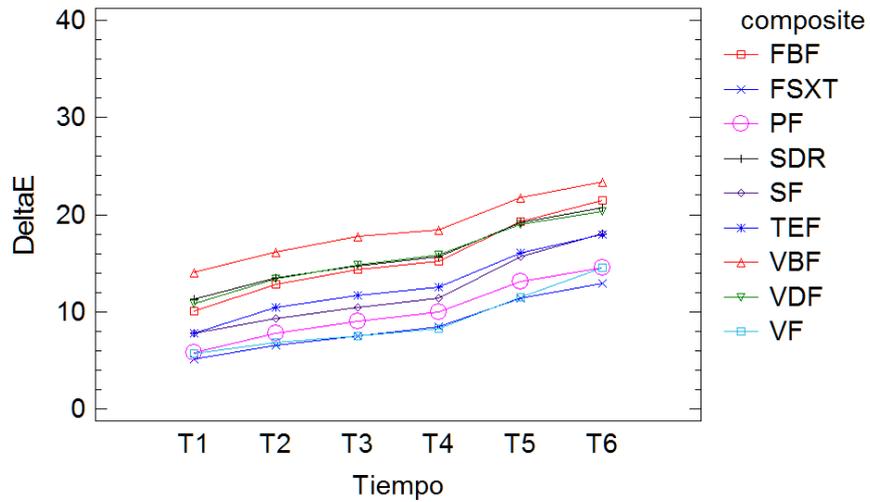


Figura 11. Interacción entre el tiempo y los composites estudiados. FBF: Filtek Bulk Fill; FSXT: Filtek Supreme XTE; PF: Premise FFlowable; SDR: Smart Dentin Replacement; SF: Sonic Fill; TEF: Tetric EvoFlow; VBF: Venus Bulk Fill; VDF: Venus Diamond Flow; VF: Vertise Flow.

Y por último, con el aumento de temperatura también se observa un mayor cambio de color: 5°C (6.08±5.96) < 37°C (13.54±12.03) < 60°C (19.84±17.44) (Figura 12).

Gráfico de Interacciones

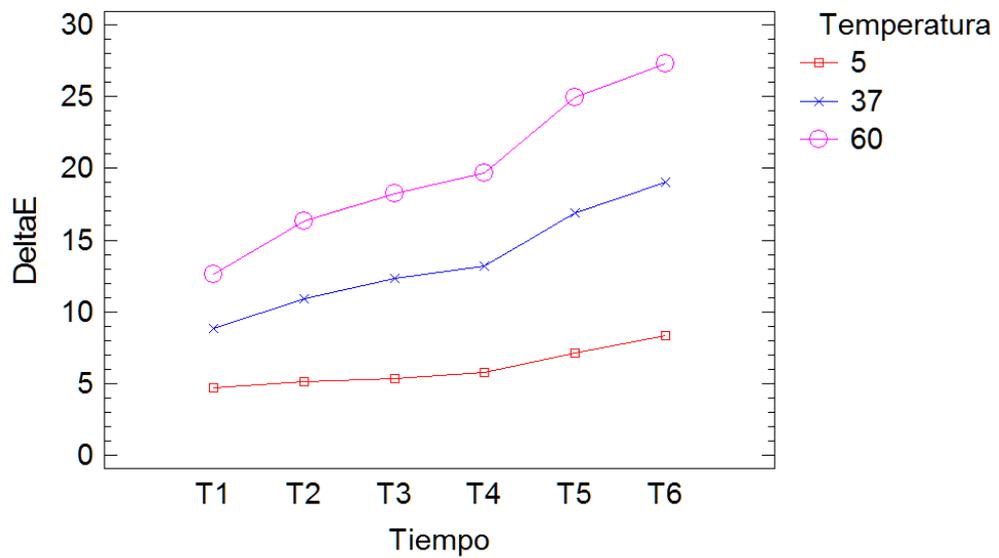


Figura 12. Interacción entre el tiempo y la temperatura. T1: 1 semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: 3 meses y T6: 6 meses.

Si analizamos los composites individualmente por sustancias pigmentantes, tal y como se puede observar en la Tabla 6, dependiendo de la sustancia cambia el material que menos se tiñe: en agua destilada es FBF, en café, té y vino tinto es FSXT, en Coca-Cola® es TEF y en zumo de naranja es VF; sin embargo, el material que más se tiñe en todas las sustancias es VBF, excepto en zumo de naranja que es FBF.

Al realizar el test *post hoc* de Fisher para evaluar las diferencias estadísticas entre los diferentes composites estudiados y las sustancias pigmentantes se observa que en agua destilada no existen diferencias estadísticamente significativas entre SF y TEF; ni entre SF, FSXT y VDF; y tampoco entre FSXT, VDF y PF. En cuanto a si es o no perceptible el cambio de color, es importante destacar que el cambio de color de todos los composites es clínicamente aceptables, excepto para el SDR ($\Delta E=3.45\pm 2.45$).

En el grupo del café, observamos que el cambio de color de todos los materiales estudiados es clínicamente inaceptable. No hay diferencias estadísticamente significativas entre FSXT y VF; tampoco entre VF, SF y PF; ni entre SF y PF con TEF; ni tampoco entre FBF, SDR y VDF.

En cuanto a la Coca-Cola®, existe una mayor homogeneidad en cuanto al comportamiento de los materiales por lo que se refiere al cambio de color, ya que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los materiales VF, PF, FSXT y VDF y presentan un cambio de color clínicamente aceptable, junto a TEF, FBF y SF que si presentaron diferencias estadísticamente significativas. SDR y VBF presentaron diferencias estadísticamente significativas y un cambio de color clínicamente inaceptable.

En el té, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos FSXT y VF, siendo los que menos cambian de color, tampoco existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos SF y TEF, ni VDF y FBF. Todos ellos presentan un color clínicamente no aceptable.

En el grupo del vino tinto, no encontramos diferencias estadísticamente significativas entre los grupos FSXT, PF y VF, que son los composites más estables del grupo, en cuanto al cambio de color, y por otro lado, los composites que más se tiñen del grupo (VDF, FBF, SDR y VBF) tampoco presentan diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Por último, en el grupo del zumo de naranja, no se observan diferencias estadísticamente significativas entre SF, VDF, PF y FSXT; ni tampoco entre VDF, SF, TEF, SDR y VBF, y clínicamente no son aceptables

Según el tipo de composite también se observan diferencias estadísticamente significativas en todos los grupos en todas las interacciones realizadas (tipo composite – sustancia pigmentante; tipo composite – temperatura; y tipo composite – tiempo), en todos los casos se obtuvo un p valor <0.001.

Cuando analizamos el ΔE en función del tipo de composite, el grupo de los autoadhesivos es el que presentaba niveles inferiores en cuando a cambio de color (9.08 ± 9.92), seguido de los composites de nanopartículas (11.80 ± 13.60) y por último, el grupo de los composites en bloque (15.53 ± 14.61). Si lo analizamos en función de las sustancias pigmentantes observamos que en agua destilada y Coca-Cola® los composites de nanopartículas presentan en general un menor cambio de color, y en el caso de la Coca-Cola®, no presentan diferencias con los autoadhesivos, pero en el agua destilada sí. En el caso del café, el té, el vino tinto y el zumo de naranja, se observa que el grupo con menos cambio de color es el de los composites autoadhesivos, observándose diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de materiales estudiados (Tabla 7).

Cambio de color (ΔE)

Tipo de composite	Composite	AD	CF	CC	TE	VT	ZN	Totales
En Bloque	FBF	1.19(0.81) ^a	25.35(15.13) ^{d*}	2.52(1.17) ^c	20.90(10.95) ^{e*}	32.25(15.10) ^{d*}	11.01(7.55) ^{f*}	15.54(15.46) ^{f*}
	SDR	3.45(2.45) ^{g*}	26.78(13.17) ^{de*}	5.07(2.78) ^{e*}	17.27(6.93) ^{d*}	33.61(17.71) ^{d*}	9.02(5.72) ^{de*}	15.87(14.91) ^{g*}
	VBF	2.91(1.71) ^f	33.00(12.07) ^{f*}	7.20(3.59) ^{f*}	24.29(9.51) ^{f*}	34.38(12.68) ^{d*}	9.80(6.89) ^{e*}	18.60(15.29) ^{h*}
	SF	1.59(0.81) ^{bc}	20.64(11.81) ^{bc*}	3.24(2.74) ^d	15.12(7.98) ^{c*}	24.57(11.95) ^{b*}	7.58(5.56) ^{bc*}	12.12(11.77) ^{d*}
Nanopartículas	FSXT	1.75(0.97) ^{cd}	16.59(12.81) ^{a*}	2.06(1.04) ^{ab}	8.34(4.53) ^{a*}	16.47(10.90) ^{a*}	6.83(5.17) ^{b*}	8.67(9.57) ^{a*}
	TEF	1.46(0.62) ^b	20.96(16.36) ^{c*}	1.98(1.32) ^a	15.54(10.36) ^{c*}	28.24(14.19) ^{c*}	8.23(6.21) ^{cd*}	12.73(14.11) ^{e*}
	PF	1.88(0.90) ^d	19.62(14.19) ^{bc*}	2.22(1.44) ^{abc}	11.01(6.40) ^{b*}	18.64(13.74) ^{a*}	7.02(5.31) ^{b*}	10.06(11.29) ^{c*}
	VDF	1.70(0.71) ^{cd}	29.06(16.99) ^{e*}	2.42(1.33) ^{bc}	20.65(12.40) ^{e*}	32.97(18.33) ^{d*}	7.44(5.88) ^{bc*}	15.71(17.10) ^{fg*}
Autoadhesivo	VF	2.28(1.42) ^e	18.32(13.63) ^{ab*}	2.32(2.34) ^{abc}	8.84(7.40) ^{a*}	18.56(6.17) ^{a*}	4.15(3.64) ^{a*}	9.08(9.92) ^{b*}
Total		2.02(1.46)	23.37(15.02)	3.23(2.71)	15.77(10.27)	26.63(15.43)	7.90(6.14)	13.15(13.90)

AD: Agua destilada; CF: Café; CC: Coca-cola; TE: té; VT: Vino tinto; ZN: Zumo de naranja.// FBF: Filtek Bulk Fill; SDR: Surefill SDR; VBF: Venus Bulk Fill; SF: SonicFill; FSXT: Filtek Supreme XTE; TEF: Tetric EvoFlow; PF: Premise Flowable; VDF: Venus Diamond Flow; VF: Vertise Flow.

Tabla 6. Resultados de estabilidad del color (ΔE (desviación estándar)). Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). * Indica valores clínicamente inaceptables ($\Delta E > 3.3$).

Cambio de color (ΔE)

Tipo de composite	AD	CF	CC	TE	VT	ZN	Totales
Autoadhesivo	2.28(1.42) ^b	18.32(13.63) ^{c*}	2.32(2.34) ^a	8.84(7.40) ^{a*}	18.56(6.17) ^{a*}	4.15(3.64) ^{a*}	9.08(9.92) ^{a*}
Nanopartículas	1.70(0.83) ^a	21.56(15.85) ^{b*}	2.17(1.30) ^a	13.88(10.11) ^{b*}	24.08(16.02) ^{b*}	7.38(5.68) ^{b*}	11.80(13.60) ^{b*}
En Bloque	2.28(1.85) ^b	26.44(13.82) ^{c*}	4.51(3.26) ^{b*}	19.39(9.62) ^{c*}	31.20(15.03) ^{c*}	9.36(6.59) ^{c*}	15.53(14.61) ^{c*}
Total	2.02(1.46)	23.37(15.02)	3.23(2.71)	15.77(10.27)	26.63(15.43)	7.90(6.14)	13.15(13.90)

AD: Agua destilada; CF: Café; CC: Coca-cola; TE: té; VT: Vino tinto; ZN: Zumo de naranja

Tabla 7. Resultados totales de cambio de color (ΔE (desviación estándar)). Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). * Indica valores clínicamente inaceptables ($\Delta E > 3.3$).

6.1.2. Temperatura 5 °C.

Existen diferencias estadísticamente significativas cuando realizamos la interacción entre composites – sustancias pigmentantes, composites – tiempo y sustancias pigmentantes – tiempo (p valor < 0.001).

Tal y como se puede observar en la Tabla 3, para la temperatura de 5°C, PF ($\Delta E=3.73\pm 2.83$) es el composite que menos cambia de color y el que más es VBF ($\Delta E=11.26\pm 8.02$). En general, se observan diferencias estadísticamente significativas entre todos los composites excepto entre FSXT y VF.

En relación al tiempo se observa un aumento progresivo desde la primera semana ($\Delta E=4.73\pm 4.64$) hasta los seis meses ($\Delta E=8.33\pm 7.54$), observando diferencias estadísticamente significativas en todos los tiempos estudiados (Tabla 5).

El análisis de Fisher lo utilizamos para evaluar las diferencias entre todas las sustancias pigmentantes, observando que existían diferencias estadísticamente significativas. Los valores más bajos fueron en agua destilada ($\Delta E=1.47\pm 1.04$) y en Coca-Cola® ($\Delta E=2.02\pm 1.77$); seguidos por los obtenidos en zumo de naranja ($\Delta E=2.48\pm 1.78$). Finalmente, los valores más altos fueron obtenidos en el siguiente orden de menor a mayor: té ($\Delta E=6.70\pm 3.65$); café ($\Delta E=9.75\pm 5.68$) y vino tinto ($\Delta E=14.07\pm 5.64$) (Figura 13).

Gráfico de Interacciones

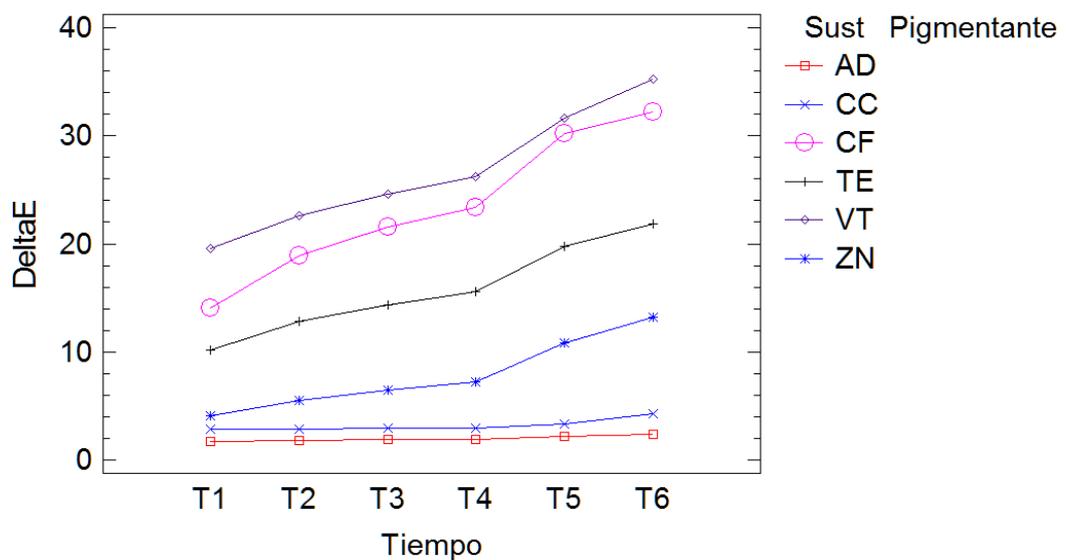


Figura 13. Interacción entre las sustancias pigmentantes y el tiempo a 5 °C. AD: agua destilada; CC: Coca-Cola®, CF: Café; TE: té; VT: vino tinto; ZN: zumo de naranja//T1: 1 semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: 3 meses y T6: 6 meses.

Cambio de color (ΔE)

Tipo de composite	Composite	AD	CF	CC	TE	VT	ZN	Totales
En Bloque	FBF	1.13(0.63) ^c	11.28(6.26) ^{ff*}	1.32(0.54) ^b	8.11(3.64) ^{e*}	15.75(4.00) ^{e*}	3.55(2.38) ^{g*}	6.86(6.44)^{e*}
	SDR	2.20(1.32) ^f	13.39(3.06) ^{g*}	3.56(1.27) ^{d*}	9.78(2.802) ^{ff*}	15.09(3.72) ^{d*}	3.13(1.38) ^f	7.86(5.66)^{g*}
	VBF	2.99(1.34) ^g	19.57(4.38) ^{h*}	5.73(1.56) ^{e*}	13.62(1.49) ^{g*}	21.85(3.83) ^{g*}	3.82(2.38) ^{h*}	11.26(8.02)^{h*}
	SF	1.04(0.52) ^{bc}	10.30(3.74) ^{e*}	1.31(0.76) ^b	6.77(1.15) ^{d*}	20.19(4.41) ^{ff*}	2.61(1.63) ^e	7.04(7.20)^{ff*}
Nanopartículas	FSXT	1.24(0.65) ^{cd}	4.78(1.59) ^{a*}	1.79(1.00) ^c	4.57(1.19) ^{c*}	9.53(2.29) ^{b*}	2.31(1.51) ^d	4.04(3.15)^{b*}
	TEF	0.90(0.39) ^{ab}	6.70(2.86) ^{c*}	0.92(0.32) ^a	3.32(1.23) ^{a*}	11.97(3.57) ^{c*}	2.02(1.31) ^c	4.31(4.44)^{c*}
	PF	1.38(0.72) ^{de}	5.80(2.03) ^{b*}	0.98(0.53) ^a	3.87(0.86) ^{b*}	7.99(1.81) ^{a*}	2.34(1.32) ^d	3.73(2.83)^{a*}
	VDF	1.53(0.51) ^e	9.89(2.46) ^{d*}	1.67(0.69) ^c	6.67(0.84) ^{d*}	12.21(3.14) ^{c*}	1.66(1.21) ^b	5.61(4.65)^{d*}
Autoadhesivo	VF	0.80(0.52) ^a	6.02(3.54) ^{b*}	0.90(0.61) ^a	3.58(1.41) ^{ab*}	12.01(4.55) ^{c*}	0.88(0.56) ^a	4.03(4.72)^{b*}
Total		1.47(1.04)	9.75(5.68)	2.02(1.77)	6.70(3.65)	14.07(5.64)	2.48(1.78)	6.08(5.96)

Agua destilada; CF: Café; CC: Coca-cola; TE: té; VT: Vino tinto; ZN: Zumo de naranja.// FBF: Filtek Bulk Fill; SDR: Surefill SDR; VBF: Venus Bulk Fill; SF: SonicFill; FSXT: Filtek Supreme XTE;

TEF: Tetric EvoFlow; PF: Premise Flowable; VDF: Venus Diamond Flow; VF: Vertise Flow.

Tabla 8. Resultados de cambio de color (ΔE (desviación estándar)) a 5°C. Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). * Indica valores clínicamente inaceptables ($\Delta E > 3.3$).

Cambio de color (ΔE)

Tipo de composite	AD	CF	CC	TE	VT	ZN	Totales
Autoadhesivo	0.80(0.52) ^a	6.02(3.54) ^{a*}	0.90(0.61) ^a	3.58(1.41) ^{a*}	12.01(4.55) ^{b*}	0.88(0.56) ^a	4.03(4.72)^{a*}
Nanopartículas	1.26(0.57) ^b	6.79(2.97) ^{b*}	1.34(0.79) ^b	4.61(1.64) ^{b*}	10.42(3.29) ^{a*}	2.08(1.36) ^b	4.42(3.91)^{b*}
En Bloque	1.84(1.30) ^c	13.63(5.77) ^{c*}	2.98(2.15) ^c	9.57(3.43) ^{c*}	18.22(4.91) ^{c*}	3.28(1.94) ^c	8.25(7.11)^{c*}
Total	1.47(1.04)	9.75(5.68)	2.02(1.77)	6.70(3.65)	14.07(5.64)	2.48(1.78)	6.08(5.97)

AD: Agua destilada; CF: Café; CC: Coca-cola; TE: té; VT: Vino tinto; ZN: Zumo de naranja

Tabla 9. Resultados de cambio de color (ΔE (desviación estándar)) por tipo de composite a 5°C. Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). * Indica valores clínicamente inaceptables ($\Delta E > 3.3$).

Cambio de color (ΔE)

Solución Pigmentante	Tipo de Composite	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Total
Agua Destilada	Autoadhesivo	0.56(0.52) ^a	0.60(0.49) ^a	0.62(0.33) ^a	0.65(0.36) ^a	0.98(0.47) ^a	1.38(0.46) ^a	0.80(0.52) ^a
	Nanopartículas	1.12(0.57) ^b	1.16(0.71) ^a	1.22(0.59) ^b	1.27(0.62) ^b	1.39(0.59) ^a	1.42(0.60) ^a	1.26(0.57) ^b
	En Bloque	1.39(1.11) ^b	1.60(1.40) ^b	1.67(1.31) ^c	1.82(1.33) ^c	2.07(1.13) ^b	2.47(1.27) ^b	1.84(1.30) ^c
Café	Autoadhesivo	2.89(0.38) ^a	3.56(0.46) ^{a*}	3.83(0.44) ^{a*}	4.05(0.53) ^{a*}	10.83(0.81) ^{a*}	10.98(0.77) ^{a*}	6.02(3.54) ^{a*}
	Nanopartículas	4.82(1.82) ^{b*}	5.08(1.94) ^{a*}	5.95(2.12) ^{b*}	6.44(2.35) ^{b*}	8.86(2.83) ^{a*}	9.61(2.91) ^{a*}	6.79(2.97) ^{b*}
	En Bloque	9.49(4.35) ^{c*}	10.20(3.73) ^{b*}	11.44(4.05) ^{c*}	12.68(4.45) ^{c*}	18.12(4.32) ^{b*}	19.88(4.40) ^{b*}	13.63(5.77) ^{c*}
Coca-Cola	Autoadhesivo	0.70(0.51) ^a	0.74(0.63) ^a	0.77(0.45) ^a	0.79(0.51) ^a	0.80(0.42) ^a	1.62(0.65) ^a	0.90(0.61) ^a
	Nanopartículas	1.34(0.95) ^a	1.41(0.85) ^a	1.21(0.68) ^a	1.46(0.99) ^b	1.33(0.64) ^a	1.30(0.51) ^a	1.34(0.79) ^b
	En Bloque	3.50(2.59) ^{b*}	3.29(2.62) ^b	2.83(2.14) ^b	2.26(1.34) ^c	2.79(1.80) ^b	3.21(2.00) ^b	2.98(2.15) ^c
Té	Autoadhesivo	2.25(0.48) ^a	2.79(0.45) ^a	2.90(0.56) ^a	2.95(0.38) ^a	4.75(0.59) ^{a*}	5.84(0.96) ^{a*}	3.58(1.41) ^{a*}
	Nanopartículas	4.27(1.89) ^{b*}	4.22(1.77) ^{b*}	4.21(1.53) ^{a*}	4.55(1.65) ^{b*}	5.22(1.45) ^{a*}	5.20(1.18) ^{a*}	4.61(1.64) ^{b*}
	En Bloque	8.15(3.16) ^{c*}	8.72(3.18) ^{c*}	9.08(3.29) ^{b*}	9.11(3.17) ^{c*}	10.70(3.14) ^{b*}	11.68(3.45) ^{b*}	9.57(3.43) ^{c*}
Vino Tinto	Autoadhesivo	7.91(1.30) ^{a*}	9.08(1.49) ^{a*}	9.66(1.14) ^{a*}	10.87(1.55) ^{a*}	13.78(1.33) ^{b*}	20.76(1.43) ^{b*}	12.01(4.55) ^{b*}
	Nanopartículas	8.80(2.74) ^{a*}	9.96(3.13) ^{a*}	9.42(2.55) ^{a*}	10.27(2.77) ^{a*}	11.22(3.33) ^{a*}	12.86(3.53) ^{a*}	10.42(3.29) ^{a*}
	En Bloque	14.34(3.88) ^{b*}	16.09(3.65) ^{b*}	16.56(3.51) ^{b*}	18.47(3.76) ^{b*}	19.56(3.86) ^{c*}	24.31(3.82) ^{c*}	18.22(4.91) ^{c*}
Zum de naranja	Autoadhesivo	0.67(0.34) ^a	0.67(0.38) ^a	0.67(0.38) ^a	0.69(0.50) ^a	1.01(0.46) ^a	1.60(0.64) ^a	0.88(0.56) ^a
	Nanopartículas	0.97(0.59) ^a	1.13(0.38) ^a	1.44(0.55) ^b	1.58(0.64) ^b	2.93(0.63) ^b	4.45(0.62) ^{b*}	2.08(1.36) ^b
	En Bloque	1.91(1.72) ^b	2.30(1.29) ^b	2.59(1.48) ^c	2.82(1.22) ^c	4.56(1.37) ^{c*}	5.52(1.50) ^{c*}	3.28(1.94) ^c

T1: semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: meses; T6: 6 meses.

Tabla 10. Resultados de cambio de color (ΔE (desviación estándar)) por tipo de composites en función del tiempo a 5°C. Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). * Indica valores clínicamente inaceptables ($\Delta E > 3.3$). El sombreado gris indica el composite que menos cambio de color para cada tiempo.

La media y la desviación estándar del ΔE de los 9 composites estudiados, para la temperatura de 5°C, durante los 6 meses en las diferentes sustancias pigmentantes se resumen en la Tabla 8. Para cada solución se observó que el ΔE más bajo fue para un composite diferente y la distribución es la siguiente: VF fue el que presentó los valores más bajos en agua destilada ($\Delta E=0.80\pm 0.52$), en Coca-Cola® ($\Delta E=0.90\pm 0.61$) y en zumo de naranja ($\Delta E=0.88\pm 0.56$); en café fue FSXT ($\Delta E=4.78\pm 1.59$); en té fue TEF ($\Delta E=3.32\pm 1.23$); y en vino tinto fue PF ($\Delta E=7.99\pm 1.81$).

En relación al tiempo de estudio y el cambio de color de los composites en función de las sustancias pigmentantes, se observó que al realizar la interacción de las diferentes sustancias de forma individual con el tiempo, existieron diferencias estadísticamente significativas (p valor <0.001), excepto en el caso del agua destilada que no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas (p valor = 0.536). Los valores de ΔE más bajos en todos los tiempos (T1-T6) fue PF en el vino tinto y VF en el zumo de naranja. En cambio, en el resto de sustancias pigmentantes (agua destilada, Coca-Cola®, café y té) se observó más variabilidad en función del tiempo estudiado. En AD se observó que VF presentaba los valores más bajos en T1-T5 y TEF en T6; en el caso de la CC, PF presentó los valores más bajos en T1 y T6 y VF de T2-T5; en el CF de T1-T4 VF presentó menos cambio de color y en T5 y T6 fue FSXT; y por último, en el té se observó que VF presentaba menor cambio de color en T1 y T4; TEF en T2 y T3; y PF en T5 y T6 (ver tabla 22, en Anexos, Anexo V) (Figura 14).

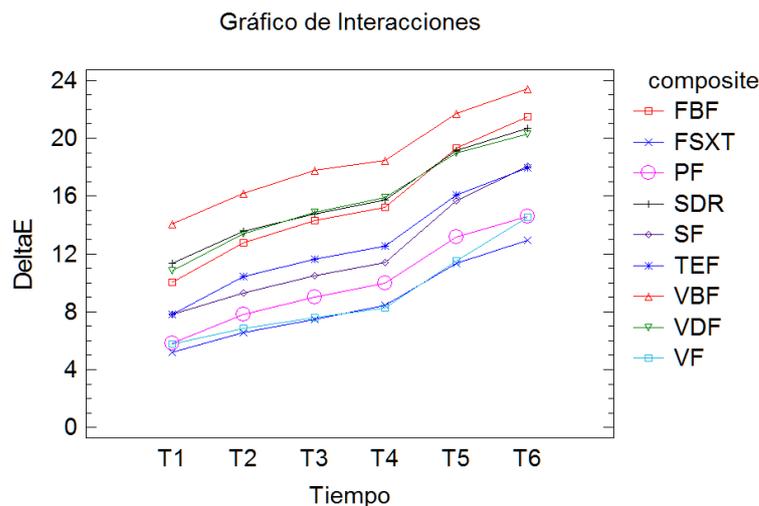


Figura 14. Interacción entre los composites estudiados y el tiempo a 5 °C. FBF: Filtek Bulk Fill; FSXT: Filtek Supreme XTE; PF: Premise FFlowable; SDR: Smart Dentin Replacement; SF: Sonic Fill; TEF: Tetric EvoFlow; VBF: Venus Bulk Fill; VDF: Venus Diamond Flow; VF: Vertise Flow.

Quando se compararon los composites según el tipo, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de materiales estudiados; donde los valores de ΔE más bajos fueron los de los composites autoadhesivos ($\Delta E=4.03\pm 4.72$); seguidos de los composites de nanopartículas ($\Delta E=4.42\pm 3.91$); y los más altos fueron los obtenidos por los composites en bloque ($\Delta E=8.25\pm 7.11$). Si lo analizamos en función de las sustancias pigmentantes, observamos que en general existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos donde los autoadhesivos son el grupo más estable en todas ellas, excepto de en el caso del vino tinto que son los composites de nanopartículas lo que presentan un menor cambio de color estadísticamente significativo en relación a los otros dos grupos (Tabla 9).

En relación al tiempo de estudio y el cambio de color de los grupos de materiales estudiados en función de las sustancias pigmentantes, igual que al estudiar los composites individualmente se observó que existían diferencias estadísticamente significativas al realizar la interacción tiempo – tipo de composite (p valor < 0.001), menos en el agua destilada que no se observaron diferencias estadísticamente significativas (p valor = 0.231). Los valores de ΔE más bajos en todos los tiempos (T1-T6) en agua destilada y zumo de naranja fue para el grupo autoadhesivo; en el café de T1 a T4 fue para el mismo grupo de composites y en T5 y T6 fue para los composites de nanopartículas; en el caso del té y la Coca-Cola® el grupo autoadhesivo fue el que presentó un menor cambio de color de T1 a T5 y en T6 fue el grupo de nanopartículas. Por último, en el vino tinto el grupo autoadhesivo presentó los valores más bajos de ΔE en T1 y T2 y el grupo de nanopartículas en el resto de tiempos de estudio, T3-T6 (Tabla 10) (Figura 15).

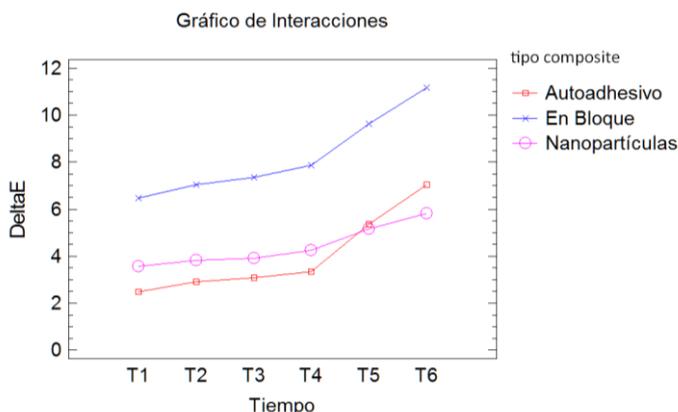


Figura 15. Interacción entre el tipo de composite y el tiempo a 5 °C. T1: 1 semana; T2: 2 semanas; T3: 3semanas; T4: 4 semanas; T5: 3 meses y T6: 6 meses.

6.1.3. Temperatura 37 °C.

Al realizar el análisis de ANOVA Multifactorial de medidas repetidas con dos grados de interacción se observó que existen diferencias estadísticamente significativas cuando realizamos la interacción entre composites – sustancias pigmentantes; composite – tiempo; y sustancias pigmentantes – tiempo (p valor < 0.001).

Tal y como se puede observar en la Tabla 3, para la temperatura de 37°C, FSXT ($\Delta E = 7.58 \pm 5.92$) es el material que menos cambia de color y el que más es VBF ($\Delta E = 19.99 \pm 14.46$); se observan diferencias estadísticamente significativas entre todos los materiales excepto entre VF y PF.

En relación al tiempo, se observa un aumento progresivo desde la primera semana ($\Delta E = 8.85 \pm 7.77$) hasta los seis meses ($\Delta E = 19.04 \pm 14.61$) observando diferencias estadísticamente significativas en todos los tiempos estudiados (Tabla 5).

El análisis de Fisher lo utilizamos para evaluar las diferencias entre todas las sustancias pigmentantes estudiadas. Los valores más bajos fueron en agua destilada ($\Delta E = 2.01 \pm 1.23$) y Coca-Cola® ($\Delta E = 2.71 \pm 2.07$); seguidos por los obtenidos en zumo de naranja ($\Delta E = 8.46 \pm 5.27$). Finalmente los valores más altos fueron obtenidos en el siguiente orden de menor a mayor por el té ($\Delta E = 21.39 \pm 10.26$); el café ($\Delta E = 22.04 \pm 8.56$) y el vino tinto ($\Delta E = 24.61 \pm 11.16$) (Figura 16).

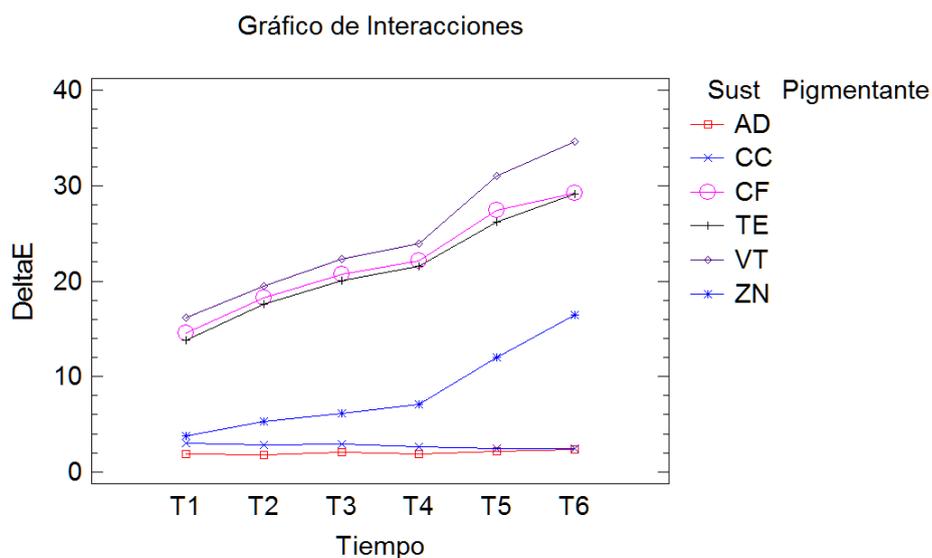


Figura 16. Interacción entre las sustancias pigmentantes y el tiempo a 37 °C. AD: agua destilada; CC: Coca-Cola®; CF: café; TE: té; VT: vino tinto; ZN: zumo de naranja//T1: 1 semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: 3 meses y T6: 6 meses.

La media y la desviación estándar del ΔE de los 9 composites estudiados durante 6 meses en las diferentes soluciones se resumen en la tabla 11. Para cada solución se observó que el ΔE más bajo fue para un composite diferente y la distribución es la siguiente: en agua destilada el composite que mostró los niveles de ΔE más bajos fue para FBF ($\Delta E = 0.78 \pm 0.34$); FSXT en café ($\Delta E = 14.93 \pm 4.20$) y en vino tinto ($\Delta E = 10.27 \pm 3.85$); TEF en Coca-Cola® ($\Delta E = 1.46 \pm 0.71$) y VF en té ($\Delta E = 9.56 \pm 6.68$) y zumo de naranja ($\Delta E = 4.03 \pm 2.32$).

En relación al tiempo de estudio y el cambio de color de los composites en función de las sustancias pigmentantes se observó que se observó que al realizar la interacción de las diferentes sustancias de forma individual con el tiempo, existieron diferencias estadísticamente significativas en todas ellas (p valor <0.001). Los valores de ΔE más bajos en agua destilada en todos los tiempos (T1-T6), fueron los de FBF, y VF los obtuvo en zumo de naranja. En cambio, en el resto de sustancias pigmentantes (café, té, Coca-Cola® y vino tinto) se observó más variabilidad en función del tiempo estudiado. En café se observó que FSXT presentaba los valores más bajos en T1, T2, T5 y T6 y VF en T3 y T4; en el caso de la Coca-Cola® TEF obtuvo los valores más bajos desde T1 a T4 y VDF en T5 y T6; en cuanto al té, el composite con los valores de ΔE más bajos fue VF entre T1 y T4 y FSXT en T5 y T6; por último, en el caso del vino tinto se observó que los valores más bajos en T1 fueron para PF y en el resto de tiempos (T2-T6) fue FSXT (Tabla 23, Anexos, Anexo VI) (Figura 17).

Gráfico de Interacciones

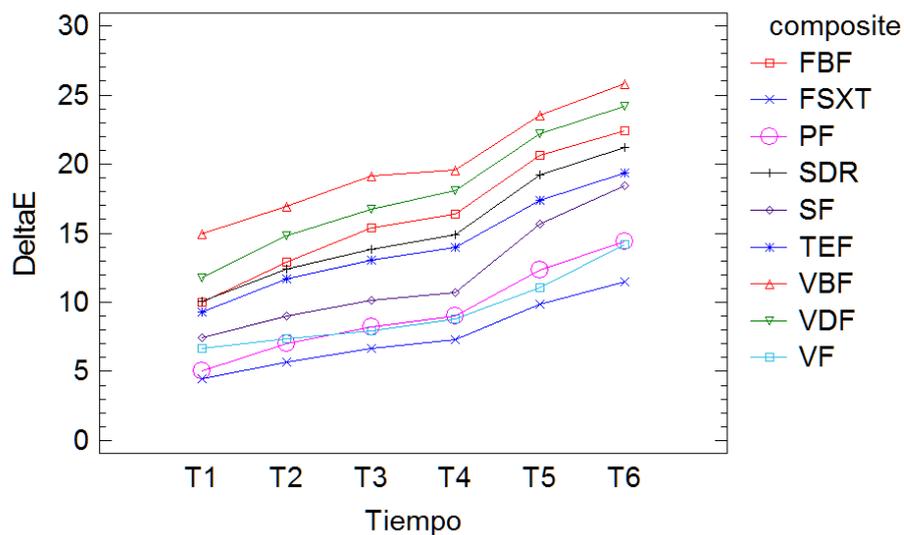


Figura 17. Interacción entre los composites estudiados y el tiempo a 37 °C. FBF: Filtek Bulk Fill; FSXT: Filtek Supreme XTE; PF: Premise FLowable; SDR: Smart Dentin Replacement; SF: Sonic Fill; TEF: Tetric EvoFlow; VBF: Venus Bulk Fill; VDF: Venus Diamond Flow; VF: Vertise Flow.

Cuando se compararon los composites según el tipo se observaron diferencias significativas entre los tres grupos de materiales estudiados; donde los valores de ΔE más bajos fueron los del composite autoadhesivo ($\Delta E=9.35\pm 8.53$); seguidos por los composites de nanopartículas ($\Delta E=12.25\pm 11.53$); y los más altos fueron los obtenidos por los composites en bloque ($\Delta E=15.87\pm 12.78$). Si lo analizamos en función de las sustancias pigmentantes, observamos que en agua destilada los composites presentan diferencias estadísticamente significativas en relación a los otros dos grupos; en el caso de la Coca-Cola® y el vino tinto, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los composites autoadhesivos y los de nanopartículas; y en café, té y zumo de naranja se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de composites (Tabla 12).

En relación al tiempo de estudio y el cambio de color de los grupos de materiales estudiados en función de las sustancias pigmentantes, se observó que al realizar la interacción de las diferentes sustancias de forma individual con el tiempo, existieron diferencias estadísticamente significativas en Coca-Cola®, vino tinto y zumo de naranja (p valor <0.001), en cambio no hubo diferencias estadísticamente significativas en agua destilada (p valor $=0.837$), café (p valor $=0.914$) y té (p valor $=0.248$). Los valores de ΔE más bajos en todos los tiempos (T1-T6) en agua destilada y Coca-Cola® fueron para el grupo de nanopartículas presentando diferencias estadísticamente significativas con los otros grupos en AD en T1, T3, T4 y T6 y en el caso de CC las diferencias estadísticamente significativas en T1-T6 son sólo con el grupo de los composites en bloque y con los autoadhesivos también en T6. En café, té y zumo de naranja, el grupo con menos cambio de color fue el de los autoadhesivos para todos los tiempos (T1-T6) y presentan diferencias estadísticamente significativas todos los grupos entre ellos; y por último, en el vino tinto, el grupo de nanopartículas es el que presenta los valores de ΔE menores de T1 a T4, en cambio en T5 y T6 fue el grupo autoadhesivo, presentando diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos en T1, T2 y T6; en cambio, en T3, T4 y T5 las diferencias estadísticamente significativas fueron sólo con el grupo de los composites en bloque (Tabla 13 y Figura 18).

Cambio de color (ΔE)

Tipo de composite	Composite	AD	CF	CC	TE	VT	ZN	Totales
En Bloque	FBF	0.78(0.34) ^a	22.83(4.95) ^{e*}	2.44(0.57) ^d	28.23(7.38) ^{g*}	31.02(8.03) ^{f*}	12.52(5.72) ^{g*}	16.31(13.08)^{f*}
	SDR	1.86(0.93) ^d	27.45(6.01) ^{f*}	3.27(0.94) ^f	18.26(3.85) ^{d*}	31.99(10.81) ^{g*}	8.84(3.79) ^{d*}	15.28(12.82)^{e*}
	VBF	4.33(1.49) ^{f*}	34.58(6.24) ^{h*}	6.98(3.37) ^{g*}	32.78(6.49) ^{h*}	32.27(8.36) ^{h*}	9.03(5.21) ^{de*}	19.99(14.46)^{h*}
	SF	1.82(0.54) ^d	17.87(4.63) ^{d*}	2.82(0.43) ^e	19.66(4.81) ^{e*}	17.84(7.45) ^{c*}	11.43(6.77) ^{f*}	11.91(8.77)^{c*}
Nanopartículas	FSXT	1.21(0.57) ^b	14.93(4.20) ^{a*}	1.61(0.80) ^{ab}	10.84(4.12) ^{b*}	10.27(3.85) ^{a*}	6.61(3.38) ^{b*}	7.58(5.92)^{a*}
	TEF	1.56(0.53) ^c	16.95(4.78) ^{c*}	1.46(0.71) ^a	25.98(5.60) ^{f*}	29.54(5.84) ^{e*}	9.22(4.76) ^{e*}	14.12(11.84)^{d*}
	PF	1.79(0.92) ^d	17.47(4.99) ^{d*}	1.86(0.73) ^{bc}	14.98(4.46) ^{c*}	13.09(5.82) ^{b*}	6.79(4.01) ^{b*}	9.33(7.38)^{b*}
	VDF	2.47(0.45) ^e	30.11(6.48) ^{g*}	1.98(0.85) ^c	32.19(9.16) ^{h*}	33.34(8.79) ^{g*}	7.70(4.85) ^{c*}	17.97(15.36)^{g*}
Autoadhesivo	VF	2.29(0.65) ^e	16.14(5.54) ^{b*}	1.95(0.70) ^c	9.56(6.68) ^{a*}	22.11(3.66) ^{d*}	4.03(2.32) ^{a*}	9.35(8.53)^{b*}
Total		2.01(1.77)	22.04(8.56)	2.71(2.07)	21.39(10.26)	24.61(11.16)	8.46(5.27)	13.54(12.03)

AD: Agua destilada; CF: Café; CC: Coca-cola; TE: té; VT: Vino tinto; ZN: Zumo de naranja.// FBF: Filtek Bulk Fill; SDR: Surefill SDR; VBF: Venus Bulk Fill; SF: SonicFill; FSXT: Filtek Supreme XTE; TEF: Tetric EvoFlow; PF: Premise Flowable; VDF: Venus Diamond Flow; VF: Vertise Flow.

Tabla 11. Resultados de cambio de color (ΔE (desviación estándar)) a 37°C. Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

* Indica valores clínicamente inaceptables ($\Delta E > 3.3$).

Cambio de color (ΔE)

Tipo de composite	AD	CF	CC	TE	VT	ZN	Totales
Autoadhesivo	2.29(0.65) ^b	16.14(5.54) ^{a*}	1.95(0.70) ^a	9.56(6.68) ^{a*}	22.11(3.66) ^{a*}	4.03(2.32) ^{a*}	9.35(8.53)^{a*}
Nanopartículas	1.76(0.79) ^a	19.86(7.91) ^{b*}	1.73(0.80) ^a	21.00(10.50) ^{b*}	21.56(11.85) ^{a*}	7.58(4.40) ^{b*}	12.25(11.53)^{b*}
En Bloque	2.20(1.60) ^b	25.68(8.24) ^{c*}	3.88(2.54) ^b	24.73(8.35) ^{c*}	28.28(10.61) ^{b*}	10.46(5.68) ^{c*}	15.87(12.78)^{c*}
Total	2.01(1.77)	22.04(8.56)	2.71(2.07)	21.39(10.26)	24.61(11.16)	8.46(5.27)	13.54(12.03)

AD: Agua destilada; CF: Café; CC: Coca-cola; TE: té; VT: Vino tinto; ZN: Zumo de naranja

Tabla 12. Resultados cambio de color (ΔE (desviación estándar)) por tipo de composite a 37°C. Diferente letra en la misma columna indica que no hay diferencias estadísticamente significativas. * Indica valores clínicamente inaceptables ($\Delta E > 3.3$).

Cambio de color (ΔE)

Solución Pigmentante	Tipo de Composite	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Total
Agua Destilada	Autoadhesivo	1.95(0.64) ^{ab}	2.15(0.42) ^a	2.18(0.45) ^{ab}	2.28(0.63) ^b	2.35(0.73) ^a	2.80(0.72) ^b	2.29(0.65)^b
	Nanopartículas	1.49(0.83) ^a	1.59(0.86) ^a	1.66(0.82) ^a	1.71(0.78) ^a	2.00(0.68) ^a	2.12(0.59) ^a	1.76(0.79)^a
	En Bloque	2.15(1.98) ^b	1.93(1.21) ^a	2.40(1.97) ^b	1.99(1.14) ^{ab}	2.31(1.54) ^a	2.41(1.58) ^{ab}	2.20(1.60)^b
Café	Autoadhesivo	9.05(0.87) ^{a*}	12.09(0.76) ^{a*}	14.37(0.68) ^{a*}	15.42(0.81) ^{a*}	20.23(0.94) ^{a*}	25.67(1.14) ^{a*}	16.14(5.54)^{a*}
	Nanopartículas	12.70(4.71) ^{b*}	16.08(5.41) ^{b*}	18.71(5.91) ^{b*}	19.98(6.39) ^{b*}	25.21(7.57) ^{b*}	26.50(7.39) ^{a*}	19.86(7.91)^{b*}
	En Bloque	17.83(4.96) ^{c*}	21.93(6.21) ^{c*}	24.22(6.45) ^{c*}	25.87(6.94) ^{c*}	31.46(7.45) ^{c*}	32.80(6.37) ^{b*}	25.68(8.24)^{c*}
Coca-Cola	Autoadhesivo	1.63(0.55) ^a	1.85(0.62) ^a	1.95(0.68) ^a	1.96(0.65) ^a	1.97(0.71) ^a	2.35(0.84) ^b	1.95(0.70)^a
	Nanopartículas	1.48(0.89) ^a	1.70(0.92) ^a	1.70(0.75) ^a	1.81(0.84) ^a	1.84(0.70) ^a	1.85(0.61) ^a	1.73(0.80)^a
	En Bloque	4.81(3.86) ^{b*}	4.15(2.73) ^{b*}	4.36(3.06) ^{b*}	3.61(1.89) ^{b*}	3.16(1.02) ^b	3.17(0.82) ^c	3.88(2.54)^{b*}
Té	Autoadhesivo	3.95(1.06) ^{a*}	4.14(1.00) ^{a*}	4.83(0.90) ^{a*}	8.17(0.94) ^{a*}	14.55(1.00) ^{a*}	21.73(1.57) ^{a*}	9.56(6.68)^{a*}
	Nanopartículas	13.63(8.88) ^{b*}	17.66(9.15) ^{b*}	19.88(9.18) ^{b*}	21.20(9.33) ^{b*}	25.91(10.00) ^{b*}	27.71(9.94) ^{b*}	21.00(10.50)^{b*}
	En Bloque	16.44(4.49) ^{c*}	20.81(5.77) ^{c*}	23.93(6.73) ^{c*}	25.28(7.02) ^{c*}	29.49(7.57) ^{c*}	32.44(6.96) ^{c*}	24.73(8.35)^{c*}
Vino Tinto	Autoadhesivo	21.61(1.40) ^{c*}	21.63(1.07) ^{b*}	21.64(1.86) ^{ab*}	21.65(1.13) ^{a*}	22.15(8.25) ^{a*}	23.96(2.16) ^{a*}	22.11(3.66)^{a*}
	Nanopartículas	13.48(7.28) ^{a*}	17.11(9.23) ^{a*}	19.52(10.23) ^{a*}	21.51(11.03) ^{a*}	27.04(12.31) ^{a*}	30.70(11.47) ^{b*}	21.56(11.85)^{a*}
	En Bloque	17.48(4.72) ^{b*}	21.39(5.74) ^{b*}	25.30(6.55) ^{b*}	26.98(7.30) ^{b*}	37.27(7.09) ^{b*}	41.27(7.26) ^{c*}	28.28(10.61)^{b*}
Zumo de naranja	Autoadhesivo	1.79(0.50) ^a	2.49(0.36) ^a	2.83(0.38) ^a	3.38(0.42) ^a	5.16(0.52) ^a	8.51(0.62) ^a	4.03(2.32)^a
	Nanopartículas	3.06(0.83) ^b	4.57(1.04) ^{b*}	5.55(0.95) ^{b*}	6.42(1.07) ^{b*}	10.72(2.02) ^{b*}	15.18(2.33) ^{b*}	7.58(4.40)^{b*}
	En Bloque	4.96(0.86) ^{c*}	6.80(1.61) ^{c*}	7.66(1.94) ^{c*}	8.65(2.07) ^{c*}	14.93(3.71) ^{c*}	19.74(2.76) ^{c*}	10.46(5.68)^{c*}

T1: semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: meses; T6: 6 meses.

Tabla 13. Resultados cambio de color (ΔE (desviación estándar)) por tipo de composites en función del tiempo a 37°C. Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). * Indica valores clínicamente inaceptables ($\Delta E > 3.3$). El sombreado gris indica el tipo de composite que menos cambio de color para cada tiempo.

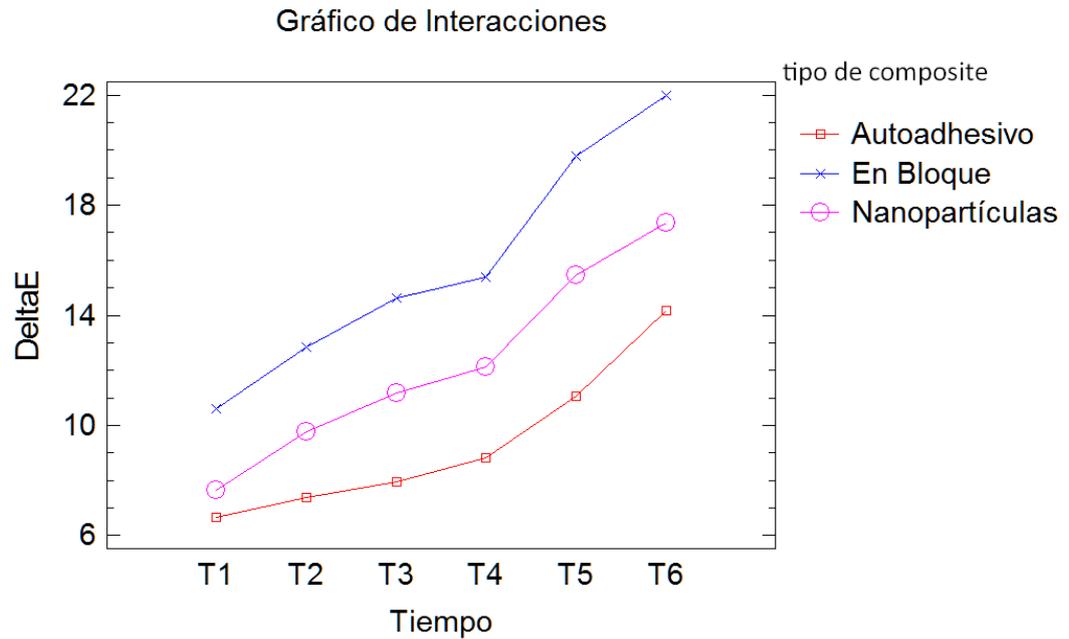


Figura 18. Interacción entre el tipo de composite y el tiempo a 37 °C. T1: 1 semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: 3 meses y T6: 6 meses.

6.1.4. Temperatura 60 °C.

Al realizar el análisis de ANOVA Multifactorial de medidas repetidas con dos grados de interacción, se observó que existen diferencias estadísticamente significativas cuando realizamos la interacción entre composites – sustancias pigmentantes; composites – tiempo y sustancias pigmentantes – tiempo (p. valor <0.001).

En la Tabla 3, para la temperatura de 60°C, se puede observar que el composite que menos cambia de color es VF ($\Delta E=13.86\pm 13.32$) y el que más VBF ($\Delta E=24.54\pm 18.37$); observándose diferencias estadísticamente significativas entre todos los materiales estudiados excepto FSXT y PF.

En relación al tiempo, se observa un aumento progresivo desde la primera semana ($\Delta E=12.65\pm 11.82$) hasta los 6 meses ($\Delta E=27.25\pm 20.62$) existiendo diferencias estadísticamente significativas en todos los tiempos estudiados (Tabla 5).

El análisis de Fisher lo utilizamos para evaluar las diferencias entre todas las sustancias pigmentantes estudiadas, obteniendo diferencias estadísticamente significativas entre todas ellas y ordenadas de menor a mayor: AD ($\Delta E=2.59\pm 1.78$) < CC ($\Delta E=4.95\pm 3.17$) < ZN ($\Delta E=12.75\pm 5.39$) < TE ($\Delta E=19.23\pm 8.47$) < CF ($\Delta E=38.32\pm 12.66$) < VT ($\Delta E=41.23\pm 13.53$) (Figura 19).

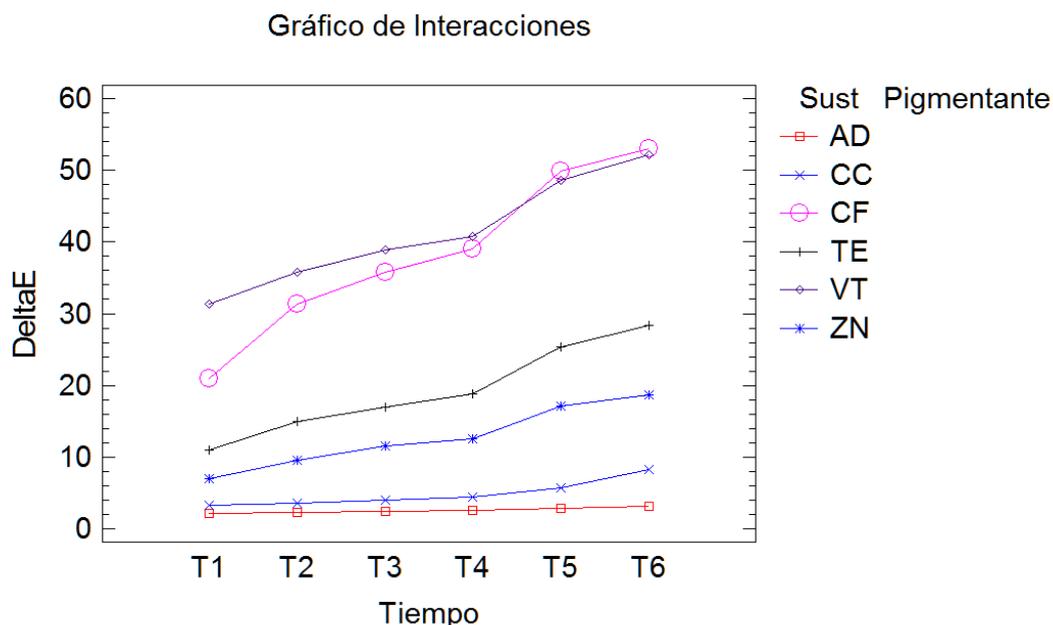


Figura 19. Interacción entre las sustancias pigmentantes y el tiempo a 60 °C. AD: agua destilada; CC: Coca-Cola®; CF: café; TE: té; VT: vino tinto; ZN: zumo de naranja.//T1: 1 semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: 3 meses y T6: 6 meses.

La media y la desviación estándar del ΔE de los 9 composites estudiados durante 6 meses en las diferentes soluciones a 60°C se resumen en la Tabla 14. Para cada solución se observó que el ΔE más bajo fue para un composite diferente y la distribución es la siguiente: en agua destilada, el composite que mostró los niveles de ΔE más bajos fue para VDF ($\Delta E=1.10\pm 0.30$); FSXT los obtuvo en café ($\Delta E=30.07\pm 12.20$), en Coca-Cola® ($\Delta E=2.79\pm 0.90$) y en té ($\Delta E=9.60\pm 4.61$); y VF en vino tinto ($\Delta E=21.58\pm 3.96$) y en zumo de naranja ($\Delta E=7.54\pm 3.47$).

En relación al tiempo de estudio y el cambio de color de los composites en función de las sustancias pigmentantes, se observó que se observó que al realizar la interacción de las diferentes sustancias de forma individual con el tiempo, existieron diferencias estadísticamente significativas (p valor < 0.001) en todas ellas excepto en el agua destilada (p valor = 0.252). Los valores de ΔE más bajos en agua destilada en todos los tiempos (T1-T6) fue para VDF. En cambio, en el resto de sustancias pigmentantes (café, Coca-Cola®, té, zumo de

naranja y vino tinto) se observó más variabilidad en función del tiempo estudiado. En café, se observó que TEF presentaba los valores más bajos en T1, de T2 a T5 fue FSXT y en T6 fue SF. En Coca-Cola®, FSXT presentó la mayor estabilidad del color en T1, T2, T3 y T6; y VF en T4 y T5. En cuanto al té, VF obtuvo el menor cambio de color en T1 y FSXT en el resto de tiempos (T2-T6) y en vino tinto fue al revés FSXT en T1 y VF de T2 a T6. Por último, en el caso del zumo de naranja se observó que los valores más bajos T1-T4 fueron para VF y en T5 y T6 fueron para SF. (ver Tabla 24, Anexos, Anexo VII) (Figura 20).

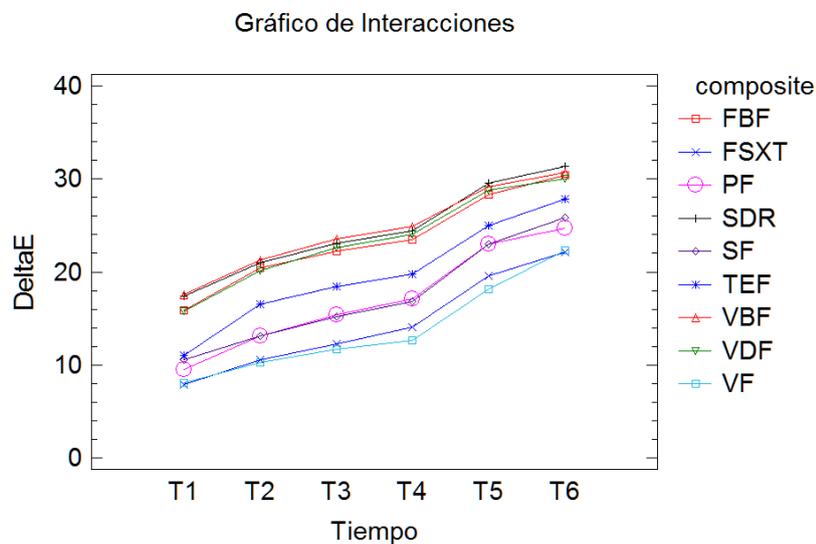


Figura 20. Interacción entre los composites estudiados y el tiempo a 60 °C. FBF: Filtek Fulk Fill; FSXT: Filtek Supreme XTE; PF: Premise Flowable; SDR: Smart Dentin Replacement; SF: Sonic Fill; TEF: Tetric EvoFLOW; VBF: Venus Bulk Fill; VDF: Venus Diamond Flow; VF: Vertise Flow.

Cuando se compararon los composites según el tipo, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de materiales estudiados; donde los valores de ΔE más bajos fueron los del grupo autoadhesivo ($\Delta E=13.86\pm 12.32$); seguidos por los composites de nanopartículas ($\Delta E=18.72\pm 17.43$); y los más altos fueron los obtenidos por los composites en bloque ($\Delta E=22.47\pm 18.05$). Si lo analizamos en función de las sustancias pigmentantes, tal y como se puede observar en la Tabla 15, en agua destilada y Coca-Cola® el grupo de nanopartículas presenta el menor cambio de coloración y tienen diferencias estadísticamente significativas con los otros dos grupos de composites estudiados; en cambio en café, té, vino tinto y zumo de naranja, el que menos cambio de color presentó fue el grupo autoadhesivo, observándose diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de composites.

Cambio de color (ΔE)

Tipo de composite	Composite	AD	CF	CC	TE	VT	ZN	Totales
En Bloque	FBF	1.66(1.04)c	41.93(12.01)f*	3.79(0.65)bc*	26.34(6.70)h*	49.98(3.77)g*	16.96(6.30)i*	23.44(19.16)^{e*}
	SDR	6.29(1.82)h*	39.51(11.54)e*	8.38(1.97)f*	23.77(5.07)g*	53.74(7.63)h*	15.10(3.19)g*	24.47(18.24)^{g*}
	VBF	1.41(0.70)b	44.85(7.42)g*	8.90(4.47)g*	26.47(6.04)h*	49.04(4.59)f*	16.55(5.42)h*	24.54(18.37)^{h*}
	SF	1.90(0.98)d	33.73(9.86)c*	5.60(3.52)e*	18.92(7.88)e*	35.68(12.91)d*	8.70(1.95)b*	17.42(15.28)^{c*}
Nanopartículas	FSXT	2.81(0.64)f	30.07(12.20)a*	2.79(0.90)a	9.60(4.61)a*	29.60(8.79)b*	11.56(4.87)c*	14.41(13.21)^{b*}
	TEF	1.93(0.42)d	39.22(14.78)e*	3.55(0.87)b*	17.31(5.24)d*	43.22(8.09)e*	13.44(4.98)f*	19.78(17.61)^{d*}
	PF	2.46(0.70)e	35.58(11.14)d*	3.81(1.08)c*	14.19(5.04)c*	34.83(11.06)c*	11.93(4.57)d*	17.13(15.14)^{b*}
	VDF	1.10(0.30)a	47.19(10.93)h*	3.61(1.39)bc*	23.07(6.45)f*	53.38(8.47)h*	12.96(3.85)e*	23.55(21.27)^{f*}
Autoadhesivo	VF	3.76(0.98)g*	32.80(12.19)b*	4.12(3.19)d*	13.37(8.35)b*	21.58(3.96)a*	7.54(3.47)a*	13.86(12.32)^{a*}
Total		2.59(1.78)	38.32(12.66)	4.95(3.17)	19.23(8.47)	41.23(13.53)	12.75(5.39)	19.84(17.44)

AD: Agua destilada; CF: Café; CC: Coca-cola; TE: té; VT: Vino tinto; ZN: Zumo de naranja.// FBF: Filtek Bulk Fill; SDR: Surefill SDR; VBF: Venus Bulk Fill; SF: SonicFill; FSXT: Filtek Supreme XTE; TEF: Tetric EvoFlow; PF: Premise Flowable; VDF: Venus Diamond Flow; VF: Vertise Flow.

Tabla 14. Resultados de cambio de color (ΔE (desviación estándar)) a 60°C. Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). * Indica valores clínicamente inaceptables ($\Delta E > 3.3$).

Cambio de color (ΔE)

Tipo de composite	AD	CF	CC	TE	VT	ZN	Totales
Autoadhesivo	3.76(0.98) ^{c*}	32.80(12.19) ^{a*}	4.12(3.19) ^{b*}	13.37(8.35) ^{a*}	21.58(3.96) ^{a*}	7.54(3.47) ^{a*}	13.86(12.32)^{a*}
Nanopartículas	2.08(0.84) ^a	38.02(13.79) ^{b*}	3.44(1.14) ^{a*}	16.04(7.26) ^{b*}	40.26(12.83) ^{b*}	12.47(4.63) ^{b*}	18.72(17.43)^{b*}
En Bloque	2.82(2.34) ^b	40.01(11.10) ^{c*}	6.67(3.67) ^{c*}	23.87(7.16) ^{c*}	47.11(10.55) ^{c*}	14.33(5.62) ^{c*}	22.47(18.05)^{c*}
Total	2.59(1.78)	38.32(12.66)	4.95(3.17)	19.23(8.47)	41.23(13.53)	12.75(5.39)	13.54(12.03)

AD: Agua destilada; CF: Café; CC: Coca-cola; TE: té; VT: Vino tinto; ZN: Zumo de naranja

Tabla 15. Resultados cambio de color (ΔE (desviación estándar)) por tipos de composite a 60°C. Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). * Indica valores clínicamente inaceptables ($\Delta E > 3.3$).

Cambio de color (ΔE)

Solución Pigmentante	Tipo de Composite	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Total
Agua Destilada	Autoadhesivo	3.14(0.41) ^c	3.18(0.30) ^b	3.20(0.50) ^b	3.27(0.49) ^b	4.35(0.56) ^{c*}	5.43(0.59) ^{c*}	3.76(0.98) ^{c*}
	Nanopartículas	1.79(0.78) ^a	1.88(0.80) ^a	1.98(0.77) ^a	2.08(0.78) ^a	2.37(0.92) ^a	2.34(0.84) ^a	2.08(0.84) ^a
	En Bloque	2.36(1.85) ^b	2.55(2.02) ^b	2.73(2.21) ^b	2.82(2.20) ^b	3.10(2.61) ^b	3.34(2.97) ^b	2.82(2.34) ^b
Café	Autoadhesivo	16.08(2.61) ^{a*}	24.43(1.67) ^{a*}	28.56(2.31) ^{a*}	31.57(2.86) ^{a*}	45.09(1.87) ^{a*}	51.04(2.14) ^{a*}	32.80(12.19) ^{a*}
	Nanopartículas	18.19(6.43) ^{a*}	30.63(7.29) ^{b*}	35.36(7.70) ^{b*}	39.10(6.86) ^{b*}	49.99(6.99) ^{b*}	54.11(8.00) ^{a*}	38.02(13.79) ^{b*}
	En Bloque	24.19(5.80) ^{b*}	33.95(5.48) ^{c*}	37.94(5.50) ^{c*}	40.68(5.23) ^{b*}	50.92(4.62) ^{b*}	52.35(5.88) ^{a*}	40.01(11.10) ^{c*}
Coca-Cola	Autoadhesivo	2.73(0.55) ^a	2.75(0.55) ^a	2.77(0.49) ^a	2.79(0.67) ^a	2.83(0.51) ^a	10.85(2.26) ^{b*}	4.12(3.19) ^{b*}
	Nanopartículas	2.35(0.49) ^a	2.68(0.56) ^a	3.00(0.66) ^a	3.49(0.62) ^{a*}	4.25(0.85) ^{b*}	4.87(1.06) ^{a*}	3.44(1.14) ^{a*}
	En Bloque	4.49(1.49) ^{b*}	4.90(1.91) ^{b*}	5.46(2.15) ^{b*}	5.90(2.28) ^{b*}	8.07(3.31) ^{c*}	11.21(4.70) ^{b*}	6.67(3.67) ^{c*}
Té	Autoadhesivo	3.26(0.47) ^a	6.76(0.70) ^{a*}	10.05(1.20) ^{a*}	11.69(0.91) ^{a*}	21.83(1.25) ^{a*}	26.67(1.32) ^{b*}	13.37(8.35) ^{a*}
	Nanopartículas	8.91(3.90) ^{b*}	12.34(4.81) ^{b*}	14.01(4.81) ^{b*}	15.72(5.55) ^{b*}	21.47(5.72) ^{a*}	23.81(5.86) ^{a*}	16.04(7.26) ^{b*}
	En Bloque	14.93(3.02) ^{c*}	19.68(3.76) ^{c*}	21.66(4.08) ^{c*}	23.59(4.03) ^{c*}	30.07(3.73) ^{b*}	33.32(2.83) ^{c*}	23.87(7.16) ^{c*}
Vino Tinto	Autoadhesivo	19.52(3.32) ^{a*}	19.55(1.32) ^{a*}	19.60(3.04) ^{a*}	19.63(0.85) ^{a*}	23.34(1.72) ^{a*}	27.83(3.42) ^{a*}	21.58(3.96) ^{a*}
	Nanopartículas	27.83(9.33) ^{b*}	33.85(9.76) ^{b*}	37.70(10.81) ^{b*}	39.91(9.45) ^{b*}	49.16(9.21) ^{b*}	53.09(8.68) ^{b*}	40.26(12.83) ^{b*}
	En Bloque	37.89(8.48) ^{c*}	41.63(10.27) ^{c*}	44.86(9.34) ^{c*}	46.95(8.83) ^{c*}	54.22(6.24) ^{c*}	57.11(4.50) ^{c*}	47.11(10.55) ^{c*}
Zum de naranja	Autoadhesivo	3.98(0.36) ^{a*}	4.92(0.36) ^{a*}	5.81(0.37) ^{a*}	6.76(0.50) ^{a*}	11.38(0.90) ^{a*}	12.36(3.09) ^{a*}	7.54(3.47) ^{a*}
	Nanopartículas	6.51(0.81) ^{b*}	9.11(1.31) ^{b*}	11.00(1.45) ^{b*}	12.13(1.58) ^{b*}	17.27(1.44) ^{b*}	18.82(2.65) ^{b*}	12.47(4.63) ^{b*}
	En Bloque	8.44(2.08) ^{c*}	11.21(2.34) ^{c*}	13.43(2.84) ^{c*}	14.36(3.15) ^{c*}	18.55(5.41) ^{b*}	19.98(6.22) ^{b*}	14.33(5.62) ^{c*}

T1: semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: meses; T6: 6 meses.

Tabla 16. Resultados cambio de color (ΔE (desviación estándar)) por tipo de composites en función del tiempo a 60°C. Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). * Indica valores clínicamente inaceptables ($\Delta E > 3.3$).

En relación al tiempo de estudio y el cambio de color de los grupos de materiales en función de las sustancias pigmentantes, se observó que al realizar la interacción de las diferentes sustancias de forma individual con el tiempo, existieron diferencias estadísticamente significativas (p valor <0.001) en todos ellos, excepto en zumo de naranja (p valor $=0.056$). Los valores más bajos de ΔE en todos los tiempos (T1-T6) en AD fue para el grupo de nanopartículas; en CF, VT y ZN fue para el grupo autoadhesivo, presentando en todos los casos diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos. En la CC, el grupo de nanopartículas presentó los valores más bajos en T1, T2 y T6 y el de los autoadhesivos en T3, T4 y T5; en el caso del té el grupo autoadhesivo tuvo la mayor estabilidad en T1-T4 y el grupo de nanopartículas en T5 y T6, presentando diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos (Tabla 16 y Figura 21).

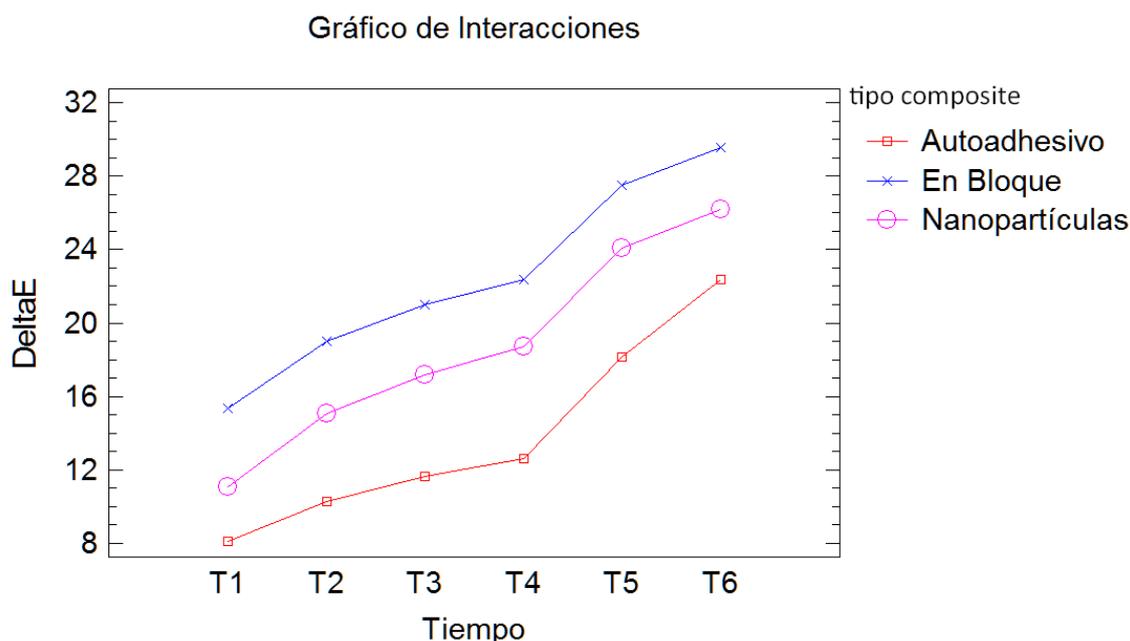


Figura 21. Interacción entre el tipo de composite y el tiempo a 60 °C.

6.2. Grupo estudio 2. Absorción de agua y solubilidad.

La Tabla 17 muestra las medias y desviaciones estándar de absorción de agua y solubilidad tras los 6 meses de inmersión en agua destilada a 37°C. Los resultados de absorción de agua, organizados de menor a mayor fueron: SF < SDR < VBF = VDF = FBF = FSXT < PF < TEF < VF. Los resultados para la solubilidad también de menor a mayor fueron: VBF < FBF = PF < VDF < FSXT < SDR < TEF = SF < VF. Los valores más bajos de absorción de agua en todos los períodos de tiempo estudiados fueron para SF. Solamente VF mostró valores de absorción de

agua y solubilidad por encima de lo que determina la normativa ISO 4049:2009 [182], que son $< 40\mu\text{g}/\text{mm}^3$ para la absorción y $< 7,5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ para la solubilidad.

Tipo de composite	Composite	Absorción de agua	Solubilidad
		($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)	($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)
En Bloque	FBF	22.20(3.06) ^c	0.65(2.41) ^{ab}
	SDR	19.21(4.10) ^b	2.72(1.76) ^d
	VBF	21.41(3.89) ^c	0.22(2.69) ^a
	SF	12.53(3.16) ^a	4.94(2.12) ^e
Nanopartículas	FSXT	22.49(3.30) ^c	2.60(3.12) ^{cd}
	TEF	29.59(3.86) ^e	3.96(2.81) ^e
	PF	24.42(5.61) ^d	1.16(3.23) ^{ab}
	VDF	21.57(3.53) ^c	1.51(1.89) ^{bc}
Autoadhesivo	VF	69.10(7.19) ^o	11.20(10.76) ^{††}
	Total	26.95(16.11)	3.22(5.31)

FBF: Filtek Bulk Fill; SDR: Surefill SDR; VBF: Venus Bulk Fill; SF: SonicFill; FSXT: Filtek Supreme XTE; TEF: Tetric EvoFlow; PF: Premise Flowable; VDF: Venus Diamond Flow; VF: Vertise Flow.

Tabla 17. Resultados absorción de agua y solubilidad (desviación estándar). Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). ° indica valores de absorción de agua $> 40 \mu\text{g}/\text{mm}^3$; †Indica valores de solubilidad $> 7.5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$.

En relación al tiempo de estudio y los niveles de absorción de agua, existe una mayor homogeneidad en el comportamiento de los materiales que en el estudio de estabilidad del color, ya que no existen diferencias estadísticamente significativas entre FBF, VBF, FSXT y VDF en T1; y tampoco entre TEF y PF en el mismo tiempo. En T2 no se observaron diferencias entre SDR, VBF, FSXT y VDF. En T3 y T6 no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre FBF, SDR, VBF, FSXT y VDF y en el caso de T6, también se añade PF; y en T4 y T5 son los dos tiempos en los que prácticamente todos los composites no presentan diferencias estadísticamente significativas entre ellos, excepto SF y VF, que son los materiales que menos y más agua absorben, por ese orden, tal y como se puede ver en la Tabla 18 (Figura 22).

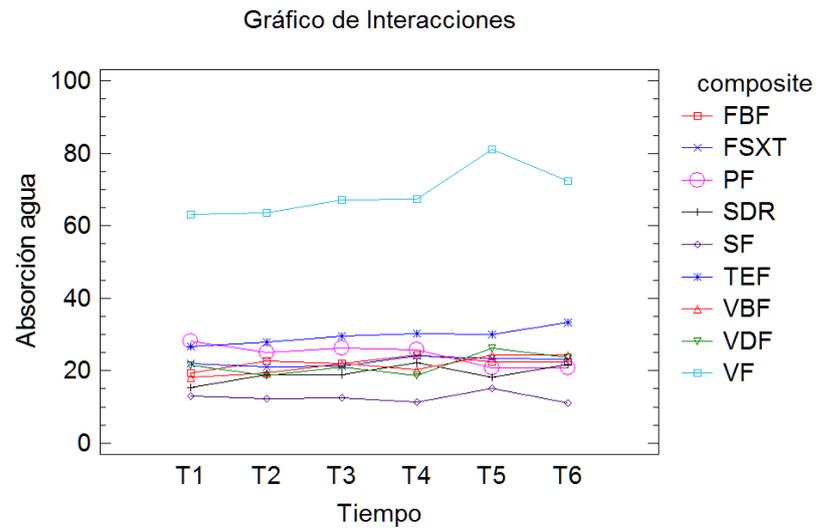


Figura 22. Interacción entre la absorción de agua de los composites y el tiempo. FBF: Filtek Bulk Fill; FSXT: Filtek Supreme XTE; PF: Premise Flowable; SDR: Smart Dentin Replacement; SF: Sonic Fill; TEF: Tetric EvoFlow; VBF: Venus Bulk Fill; VDF: Venus Diamond Flow; VF: Vertise Flow.

En cuanto a la solubilidad, se puede observar una mayor homogeneidad en el comportamiento de los materiales, ya que en los diferentes tiempos de estudio no se observan prácticamente diferencias estadísticamente significativas entre materiales. Lo que sí se puede observar es una mayor variabilidad en cuanto a que material es el que presenta una menor solubilidad en los diferentes períodos de tiempo estudiados, ya que en T1 es VF; en T2 PF; en T3 y T4 VBF; en T5 y T6 es FBF (Tabla 19 y Figura 23).

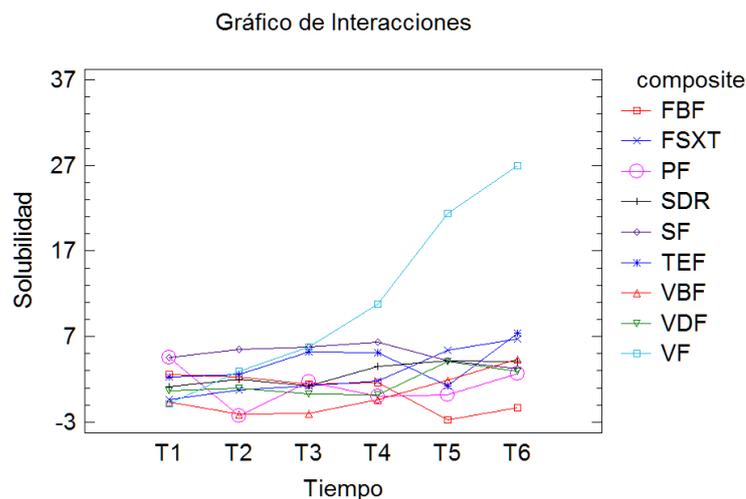


Figura 23. Interacción entre la solubilidad de los composites y el tiempo. FBF: Filtek Bulk Fill; FSXT: Filtek Supreme XTE; PF: Premise Flowable; SDR: Smart Dentin Replacement; SF: Sonic Fill; TEF: Tetric EvoFlow; VBF: Venus Bulk Fill; VDF: Venus Diamond Flow; VF: Vertise Flow.

Absorción de agua

Tipo de composite	Composite	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Total
Bulk Fill	FBF	19.40(2.49) ^c	22.80(2.77) ^{cd}	21.99(2.38) ^b	24.30(3.32) ^{cd}	22.38(2.99) ^{bcd}	22.35(3.55) ^b	22.20(3.06)^c
	SDR	15.30(4.13) ^{ab}	18.94(3.77) ^b	18.93(3.98) ^b	22.15(3.16) ^{bcd}	18.27(3.16) ^{ab}	21.67(4.02) ^b	19.21(4.10)^b
	VBF	18.11(1.95) ^{bc}	19.40(2.06) ^{bc}	21.99(4.22) ^b	20.39(1.05) ^{bc}	24.25(3.33) ^{cd}	24.30(5.57) ^b	21.41(3.89)^c
	SF	12.98(1.86) ^a	12.20(2.44) ^a	12.48(3.15) ^a	11.33(1.30) ^a	15.05(2.45) ^a	11.17(5.73) ^a	12.53(3.16)^a
Nanopartículas	FSXT	21.94(2.34) ^c	21.04(4.84) ^{bc}	21.37(2.99) ^b	24.10(2.76) ^{cd}	23.35(2.67) ^{cd}	23.11(4.16) ^b	22.49(3.30)^c
	TEF	26.73(2.75) ^d	27.81(2.73) ^e	29.49(3.28) ^c	30.20(1.97) ^e	29.94(4.86) ^e	33.41(4.68) ^c	29.59(3.86)^e
	VDF	21.52(1.40) ^c	18.61(1.14) ^b	20.91(2.60) ^b	18.72(3.48) ^b	26.12(3.35) ^{de}	23.55(2.12) ^b	24.42(5.61)^d
	PF	28.10(4.68) ^d	24.99(3.53) ^{de}	26.15(2.63) ^c	25.71(9.23) ^{de}	20.70(5.65) ^{bc}	20.89(3.66) ^b	21.57(3.53)^c
Autoadhesivo	VF	63.22(4.17) ^{eo}	63.55(1.20) ^{fo}	67.12(3.23) ^{do}	67.30(4.41) ^{fo}	81.13(5.42) ^{fo}	72.27(3.51) ^{do}	69.10(7.19)^{fo}
	Total	25.26(14.61)	25.48(14.49)	26.72(15.39)	27.13(15.65)	29.02(19.41)	28.08(17.13)	26.95(16.11)

T1: 1 semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: 3 meses; T6: 6 meses. FBF: Filtek Bulk Fill; SDR: Surefill SDR; VBF: Venus Bulk Fill; SF: SonicFill; FSXT: Filtek Supreme XTE;

TEF: Tetric EvoFlow; PF: Premise Flowable; VDF: Venus Diamond Flow; VF: Vertise Flow.

Tabla 18. Resultados absorción de agua (desviación estándar) en función del tiempo. Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (p <0.05). ° Indica valores de absorción de agua >40µg/mm³

Solubilidad

Tipo de composite	Composite	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Total
Bulk Fill	FBF	2.59(1.20) ^{cd}	2.26(1.05) ^c	1.46(1.93) ^b	1.62(1.72) ^{ab}	-2.75(1.47) ^a	-1.30(1.23) ^a	0.65(2.41)^{ab}
	SDR	1.19(0.96) ^{abc}	2.03(0.92) ^c	1.29(1.08) ^b	3.56(0.44) ^{bc}	4.20(1.93) ^c	4.04(1.90) ^{bc}	2.72(1.76)^d
	VBF	-0.65(1.75) ^a	-2.10(1.47) ^{ab}	-1.94(1.35) ^a	-0.32(1.23) ^a	1.94(0.92) ^b	4.37(1.95) ^{bc}	0.22(2.69)^a
	SF	4.55(2.34) ^d	5.53(2.62) ^d	5.83(2.38) ^c	6.31(1.33) ^d	4.21(1.55) ^c	3.24(1.51) ^b	4.94(2.12)^e
Nanopartículas	FSXT	-0.32(1.49) ^{ab}	0.81(1.52) ^{bc}	1.22(3.00) ^{ab}	1.79(1.05) ^{ab}	5.39(1.70) ^c	6.71(2.06) ^{cd}	2.60(3.12)^{cd}
	TEF	2.26(0.81) ^{bcd}	2.61(2.96) ^{cd}	5.20(1.82) ^c	5.08(2.44) ^{cd}	1.24(1.47) ^b	7.38(1.79) ^d	3.96(2.81)^e
	VDF	0.65(0.89) ^{abc}	0.97(1.06) ^c	0.33(0.91) ^{ab}	0.16(1.21) ^a	4.05(2.22) ^c	2.92(0.92) ^b	1.16(3.23)^{ab}
	PF	4.59(3.59) ^d	-2.27(3.99) ^a	1.76(1.82) ^b	0.06(1.19) ^a	0.16(1.21) ^b	2.66(2.34) ^b	1.51(1.89)^{bc}
Autoadhesivo	VF	-0.79(4.30) ^a	2.92(2.95) ^{cd}	5.83(5.28) ^c	10.83(4.38) ^{ef}	21.41(1.81) ^{df}	27.00(4.19) ^{ef}	11.20(10.76)^{ff}
	Total	1.56(2.85)	1.42(3.13)	2.33(3.44)	3.23(3.93)	4.43(6.70)	6.34(8.01)	3.22(5.31)

T1: 1 semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: 3 meses; T6: 6 meses FBF: Filtek Bulk Fill; SDR: Surefill SDR; VBF: Venus Bulk Fill; SF: SonicFill; FSXT: Filtek Supreme XTE;

TEF: Tetric EvoFlow; PF: Premise Flowable; VDF: Venus Diamond Flow; VF: Vertise Flow.

Tabla 19. Resultados solubilidad (desviación estándar) en función del tiempo. Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (p <0.05). † Indica valores de solubilidad >7.5µg/mm³

En la Tabla 20 se puede observar que en relación al tiempo de estudio y la absorción de agua, existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos durante todo el estudio; en cambio en la Tabla 21, se puede observar que en el caso de la solubilidad no había diferencias estadísticamente significativas entre ningún grupo de estudio en los tiempos T1 y T2; de T3 a T5 no hay diferencias entre el grupo de nanopartículas y en bloque, pero sí ambos con el grupo autoadhesivo y en T6 se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de materiales estudiados (Figuras 24 y 25).

Gráfico de Interacciones

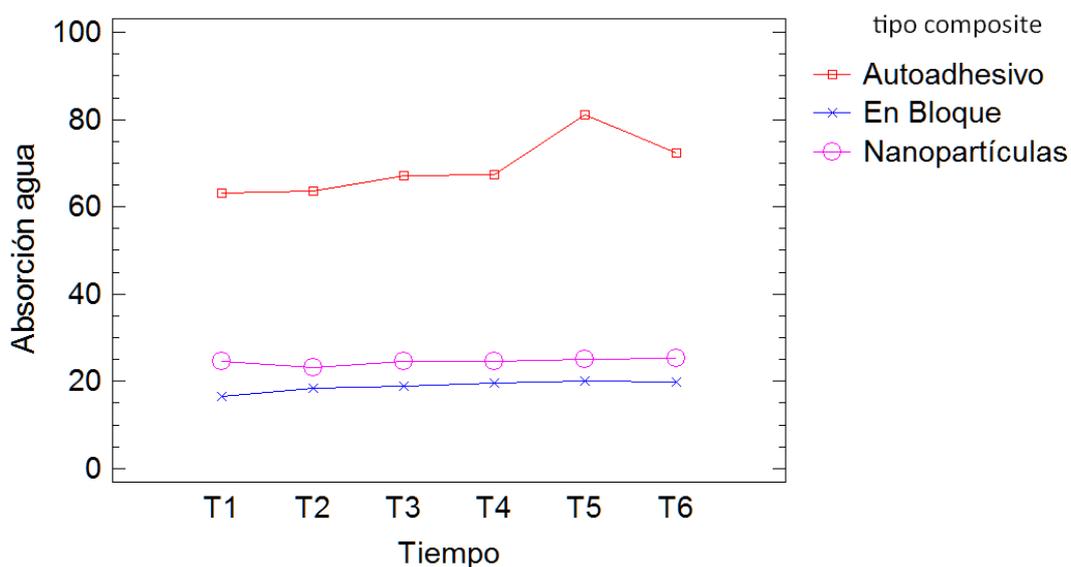


Figura 24. Interacción entre la absorción de agua de los tipos de composite y el tiempo.

Gráfico de Interacciones

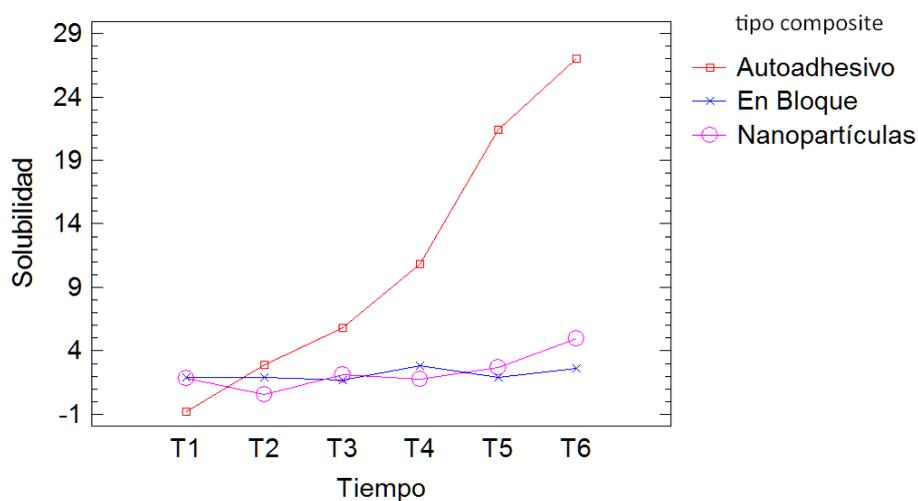


Figura 25. Interacción entre la solubilidad de los tipos de composite y el tiempo.

Se realizó un análisis de Correlación de Pearson para determinar la relación entre la absorción de agua y la solubilidad entre ellas y con la estabilidad del color en agua destilada a 37 °C. El análisis de Pearson mostró una correlación positiva estadísticamente significativa entre la absorción de agua y la solubilidad ($r=0.569$, $p<0.005$). También se encontró una correlación positiva entre la absorción de agua y ΔE ($r=0.059$, $p=0.338$) y entre solubilidad y ΔE ($r=0.039$, $p=0.528$), pero estadísticamente estos valores no fueron significativos.

Absorción de agua

Tipo de composite	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Totales
Autoadhesivo	63.22(4.17) ^{c°}	63.55(1.20) ^{c°}	67.12(3.23) ^{c°}	67.30(4.41) ^{c°}	81.13(5.42) ^{c°}	72.27(5.42) ^{c°}	69.10(7.19)^{c°}
Nanopartículas	24.57(4.07) ^b	23.11(4.75) ^b	24.48(4.50) ^b	24.68(6.38) ^b	25.03(5.28) ^b	25.24(6.04) ^b	24.52(5.17)^b
En Bloque	16.45(3.60) ^a	18.33(4.72) ^a	18.85(5.12) ^a	19.54(5.54) ^a	19.99(4.59) ^a	19.87(6.86) ^a	18.84(5.20)^a
Total	25.26(14.61)	25.48(14.49)	26.72(15.39)	27.13(15.65)	29.02(19.41)	28.08(17.13)	26.95(16.11)

T1: 1 semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: 3 meses; T6: 6 meses

Tabla 20. Resultados absorción de agua (desviación estándar) en función del tiempo por grupos. Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). ° Indica valores de absorción de agua $> 40 \mu\text{g}/\text{mm}^3$

Solubilidad

Tipo de composite	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Totales
Autoadhesivo	-0.79(4.30) ^a	2.92(2.95) ^a	5.83(5.28) ^b	10.83(4.38) ^{b†}	21.41(1.81) ^{b†}	27.00(4.19) ^{c†}	11.20(10.76)^{b†}
Nanopartículas	1.80(2.67) ^a	0.53(3.03) ^a	2.13(2.66) ^a	1.77(2.53) ^a	2.71(2.65) ^a	4.92(2.78) ^b	2.31(2.99)^a
En Bloque	1.92(2.47) ^a	1.93(3.17) ^a	1.66(3.26) ^a	2.79(2.77) ^a	1.90(3.23) ^a	2.59(2.80) ^a	2.13(2.93)^a
Total	1.56(2.85)	1.42(3.13)	2.33(3.44)	3.23(3.93)	4.43(6.70)	6.34(8.01)	3.22(5.31)

T1: 1 semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: 3 meses; T6: 6 meses

Tabla 21. Resultados solubilidad (desviación estándar) en función del tiempo. Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). † Indica valores de solubilidad $> 7.5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$

7. DISCUSIÓN

Los composites en el medio oral están inevitablemente expuestos a los cambios de temperatura [189-191], a la comida, a las bebidas y a la saliva y sus enzimas, los cuales pueden originar una degradación química y erosión de los composites debido a la hidrólisis o la hidrólisis enzimática [173]. Todos estos factores afectan directa o indirectamente a la estabilidad del color, así como también a la higiene oral [141, 147, 158, 164] y a la rugosidad superficial de las restauraciones [141, 158, 160]. La saliva natural tiene un efecto protector porque forma una barrera superficial que limita la tinción [164] y diluye las sustancias pigmentantes [113]. Como no hay un método efectivo para simular el medio oral con saliva fresca, en este estudio se utilizó agua destilada en su lugar porque aunque se podría esperar que la saliva presente un efecto protector mucho mayor, varios autores comentan que los composites expuestos a saliva artificial liberan más iones que en agua, causando más efectos perjudiciales que el agua [175, 192] como puede ser una degradación del relleno más pronunciada [172]; además la saliva artificial lleva un componente denominado mucina que tiene un color amarillento y tiene tendencia a causar tinción [158, 164]. En cambio, el agua destilada es una sustancia que no presenta colorantes [142, 156] por lo que el ligero cambio de color que presentan los composites sumergidos en esta sustancia es imperceptible y clínicamente aceptable y se asocia a la absorción de agua del material [139, 142, 156, 158, 160, 164]. El cambio de color perceptible y clínicamente inaceptable ($\Delta E \geq 3.3$) en SDR y VF a 60 °C, puede ser debido a una mayor degradación de la superficie por efecto de la temperatura [169] o porque el calor promueve que se produzca una mayor polimerización que afecta al color de los materiales [129]. Al comparar los resultados del actual estudio con el estudio piloto [131] (Ver Anexo IV), observamos que los dos composites utilizados en ambos, presentan un menor cambio de color en el mismo períodos de tiempo (1 mes) donde $\Delta E_{VF} = 3.27 \pm 0.49$ y $\Delta E_{PF} = 2.50 \pm 0.35$, se consideran que son clínicamente aceptables ($\Delta E \leq 3.3$), en comparación con el anterior estudio que obtuvo valores de cambio de color clínicamente no aceptables ($\Delta E_{VF} = 6.57 \pm 1.50$; $\Delta E_{PF} = 3.47 \pm 1.26$). Estos resultados podrían estar relacionados con la lámpara de polimerizar utilizada en cada estudio. En el estudio piloto se utilizó una lámpara halógena (VIP™, BISCO, Schaumburg, IL, USA) con una intensidad de 400mW/cm² y en el actual trabajo se utilizó una lámpara LED (Demi, sds Kerr Corp, Middleton, WI, USA) a una intensidad de 1194mW/cm². Esto podría estar relacionado con la intensidad de las lámparas, la lámpara LED al tener una mayor intensidad provoca un mayor grado de conversión de los composites y por lo tanto menos cambio de color que las lámparas halógenas [157]. También se observa en los resultados a 6 meses del presente estudio comparándolos con los valores obtenidos en el

anterior estudio a 1 mes, que los valores de cambio de color para ambos materiales continúan siendo inferiores ($\Delta E_{VF}=5.43\pm 0.59$; $\Delta E_{PF}=3.23\pm 0.22$), por lo que se podría considerar que el tipo de lámpara de polimerizar es un factor a tener en cuenta para futuras investigaciones.

Si se comparan los resultados del actual trabajo con otros estudios en agua destilada a 60°C, que utilizan la misma metodología a 1 mes [125, 129, 130], en los que se utilizan diferentes tipos de materiales, podemos observar que los materiales estudiados en el presente estudio tienen un comportamiento parecido, ya que todos ellos tienen un $\Delta E \leq 3.3$, y por lo tanto, son clínicamente aceptables, excepto SDR ($\Delta E=6.18\pm 1.48$). En el estudio de Asmussen [130] donde se comparaban 15 composites se observó que 9 de ellos presentaron un cambio de color clínicamente inaceptable ($\Delta E \geq 3.3$), esta diferencia puede estar relacionada en la evolución a nivel químico de la formulación de los composites. En el caso del estudio de Nakamura y cols. [129], todos los materiales estudiados obtuvieron valores de $\Delta E \leq 3.3$, por lo que clínicamente se consideraron aceptables; en este caso debemos resaltar un cambio en la metodología y es que el color del fondo sobre el que se tomó el color de las muestras fue diferente (cerámica y oro) y este hecho podría afectar a los resultados en cuanto al cambio de color, al igual que en el estudio de Vichi y cols. [125] donde el color del fondo fue gris y el cambio de color de los 18 composites y 6 tonalidades diferentes presentaron un cambio de color clínicamente inaceptable en 10 de los casos estudiados después de 1 mes de estar sumergidos en agua destilada a 60°C.

Las temperaturas seleccionadas para realizar este estudio están relacionadas con aquellas temperaturas que la literatura describe como las temperaturas de consumo de las bebidas estudiadas; los 5°C representan la temperatura habitual a la que se bebe la Coca-Cola® y el zumo de naranja, especialmente si están recién sacados de una nevera, que según Youngson y cols. [190] es de entre 5°C y 6°C, sobre todo si la Coca-Cola® es de lata. Los 37°C es la temperatura estandarizada en la literatura para la temperatura corporal, aunque algunos autores consideran que sería más correcto que fuera entre 35.5°C y 36°C [189, 191]; y por último se eligió la temperatura de 60°C porque así como la temperatura de consumo de bebidas frías se ha mantenido más o menos estable durante años, Ernst y cols. [189] en 2004 comentaban que desde 1952 hasta el año 2000 los estudios *in vivo* sobre el consumo de bebidas calientes la temperatura ha ido aumentando progresivamente desde los 60°C hasta 72.5°C y como habían más artículos en la literatura [125, 129, 130] que usaron los 60°C para

estudios de estabilidad del color, y ya la habíamos usado con anterioridad en el estudio piloto [131], decidimos utilizar esta temperatura y no 70°C.

Un factor que puede influir en la calidad de la superficie del composite son las técnicas de pulido y acabado de las restauraciones, ya que están asociados con el cambio de color prematuro de los composites [148, 162]. Está descrito en la literatura que las restauraciones muy pulidas presentan una mayor estética y son más fáciles de mantener que aquellas que son rugosas [160]. Para estandarizar el tratamiento de las muestras y conseguir la superficie más lisa posible, sin añadir variables como el efecto del pulido, no se pulieron las muestras y se utilizó una tira de poliéster al igual que en otros estudios [30, 125, 131, 141, 153, 155, 160], que no sólo nos proporciona una superficie rica en resina [141, 155, 160], sino que además también elimina la presencia de una capa sin polimerizar de la superficie [155, 160]. De esta forma se puede simular en el laboratorio una de las condiciones clínicas más extremas, como es el hecho de utilizar matrices en las zonas interproximales de las restauraciones [30, 141, 160]. El efecto de las técnicas de pulido y acabado en el cambio de color debería tenerse en cuenta para futuros estudios *in vitro* a largo plazo.

En la sociedad actual, la dieta incluye un amplio abanico de comidas y bebidas con colorantes como pueden ser el vino tinto, el café, el té, el zumo de naranja y la Coca-Cola®, algunas de ellas tienen potencial para teñir los materiales restauradores [113, 141]. Por esta razón, la capacidad de tinción debería ser considerada como uno de los criterios de selección de los materiales, sobre todo en zonas estéticas [162, 178], y los resultados observados en este estudio muestran este potencial de tinción tanto a 37°C [30, 126, 141, 142, 145, 146, 148-150, 153, 158, 164], como a mayor y a menor temperatura [157, 169].

La tinción superficial de los composites está relacionada con la absorción o adsorción de los colorantes de las bebidas y de los alimentos y además algunas de estas sustancias no sólo cambian el color, sino que también afectan a las propiedades superficiales de los composites como la microdureza y la microrugosidad. Estos dos factores acaban causando más tinción [169], por un efecto de la degradación química de los materiales [150] a nivel de la superficie y de la subsuperficie, pudiendo involucrar tanto a la matriz orgánica, como al relleno o a la interfase matriz-relleno [172]. Además, como comentan Çelik y cols. [168] la rugosidad superficial de los materiales en la cavidad oral va cambiando por el proceso de masticación, de tal forma que los pigmentos pueden asentarse en esas rugosidades más tiempo, por lo que los cambios en el medio oral pueden ser mayores que los obtenidos en los estudios *in vitro* a 37°C.

La cantidad y la frecuencia de la ingesta de las bebidas podrían tener un impacto en la tinción superficial [178], porque las restauraciones se encuentran expuestas a agentes químicos, ya sea de forma continuada en la saliva como intermitentemente por la comida y la bebida y su exposición dura hasta su eliminación por el cepillado de los dientes [18, 171, 193], esto es debido a que los pigmentos son uno de los factores extrínsecos que se pueden eliminar con una buena higiene oral y cepillado diario, así como con unas buenas técnicas de acabado y pulido de las restauraciones. Algunas de las tinciones son más fáciles de eliminar que otras, por ejemplo, el té es más fácil de eliminar con el cepillado porque sus colorantes tienen una alta polaridad y sólo penetran por adsorción quedándose en la superficie del material, en cambio, en el caso del café, la polaridad de los pigmentos es menor y penetran en la matriz orgánica tanto por adsorción como por absorción, de tal forma que se introducen más profundamente en la matriz orgánica, por su mayor afinidad con la misma [126, 142, 144, 148, 153, 158, 169].

Las restauraciones en el medio oral también se encuentran expuestas a la temperatura [168] y al pH de los alimentos [193]. Estos dos factores son importantes, ya que se ha observado que los cambios de temperatura en la cavidad oral pueden llegar a causar un efecto indeseable en los márgenes de las restauraciones [169, 194]; y por otro lado, el pH bajo de algunas bebidas podría afectar a la degradación de los composites [173], ya que disminuyen la protección permitiendo la entrada de moléculas de agua y por tanto aumenta la absorción de agua [170]. Por todo ello, la tinción causada por la Coca-Cola® puede estar más relacionada con el efecto que causa el bajo pH por contener ácido carbónico y ácido fosfórico, éste último es un ácido de origen mineral débil que está presente en su composición en una concentración del 0.1% [193], que por los pigmentos que lleva la bebida por dos razones: 1) la acidez causada por el bajo pH de la Coca-Cola® puede actuar como plastificante, ya que acelera el ritmo de absorción de agua reduciendo las interacciones entre las cadenas del polímero, como el entrecruzamiento de cadenas y la adhesión secundaria [170]; y 2) el ácido fosfórico podría causar la disolución del fosfato de calcio del diente y dañar la integridad de las restauraciones [30, 113, 150, 155]. En el caso del zumo de naranja, la tinción se produce tanto por la presencia de pigmentos como por la del ácido cítrico que según algunos autores tiene un efecto más agresivo que el ácido presente en la Coca-Cola® [146, 150], esto podría ser debido a que la concentración de ácido cítrico presente en el zumo de naranja es del 1%, superior a la del ácido fosfórico de la Coca-Cola®, y a que es un hidroxiaácido de origen natural [193]. En estos dos casos, la temperatura también influye, porque aunque varios autores dicen que el pH bajo a bajas temperaturas causa una mayor erosión de la superficie [157, 170, 193], West y

cols. [193] observaron que al someter las muestras a bajo pH y a diferentes temperaturas, simulando las bebidas carbonatadas o bebidas calientes de limón para el resfriado, la erosión que se producía en las muestras era mayor cuanto mayor era la temperatura, por lo que los resultados de los efectos de la temperatura deberían ser clínicamente relevantes. Por lo que parte del aumento de tinción de las muestras sumergidas en Coca-Cola® y zumo de naranja a 60°C, en el presente trabajo, podría estar relacionado con este fenómeno, ya que hay una mayor erosión y degradación del composite. También se relaciona con todo ello que en Coca-Cola® ($\Delta E_{SDR}=3.56\pm 1.27$; $\Delta E_{VBF}=5.73\pm 1.56$) y zumo de naranja a 5°C ($\Delta E_{FBF}=3.55\pm 2.38$; $\Delta E_{VBF}=3.82\pm 2.38$) sólo dos de los composites del grupo de los composites en bloque presenten un $\Delta E \geq 3.3$, porque aunque se erosione la superficie los pigmentos no deben penetrar lo suficiente. Al aumentar la temperatura a 37°C, seguimos observando que son pocos los composites que presentan un color clínicamente no aceptable en la Coca-Cola®, por lo que de acuerdo con otros estudios es la sustancia que menos cambio de color presentó junto al grupo control [30, 141, 155]; en cambio en zumo de naranja se observó que todos los composites estudiados tienen un cambio de color evidente por encima del límite que se considera clínicamente aceptable y suponemos que es por efecto de la combinación de la temperatura, el pH y los pigmentos.

En el caso del café y el té también se observaron cambios de color más elevados a una temperatura más elevada al igual que en otros estudios [150, 157, 169]. Varios autores consideran que podría estar relacionado con el bajo pH que tienen estas sustancias y que al unirse con el factor de la alta temperatura causan una mayor degradación de la matriz [150, 169], por lo que los pigmentos y el agua pueden penetrar con mayor facilidad en los poros dejados por la lixiviación de los cationes [169]. Suponemos que la gran diferencia en los valores del cambio de color a 60°C entre café y té, que son las dos sustancias estudiadas que tienen una temperatura de consumo de entre 60°C y 70°C, se debe a lo anteriormente mencionado de la diferente polaridad de los pigmentos y por tanto la mayor capacidad de penetración de los pigmentos del café frente a los del té que es más superficial, porque en las otras temperaturas estudiadas también se observa que el café cambia más de color que el té, pero no hay tanta diferencia en sus valores. Al comparar los resultados obtenidos en café, en el presente estudio con la literatura de los composites de color A2 a 60°C a 1 mes ($\Delta E_{TEF}=13.21\pm 1.45$; $\Delta E_{FSXT}=15.10\pm 1.80$; $\Delta E_{VF}=16.08\pm 2.61$; $\Delta E_{PF}=18.12\pm 1.53$; $\Delta E_{SF}=18.58\pm 2.74$), con los obtenidos por el composite microhíbrido (Filtek Supreme Z250) estudiado por Tuncer y cols. [169] y el composite nanohíbrido (Filtek Supreme XT) estudiado por Domingos y cols.

[157], ambos de consistencia condensable convencional, se observa que sus valores de ΔE a 70°C eran inferiores a los del trabajo actual ($\Delta E_{Z250}=14.67\pm 2.47$; $\Delta E_{FSXT}=12.42\pm 4.05$); en té los valores a 60°C fueron ($\Delta E_{TEF}=9.45\pm 0.79$; $\Delta E_{FSXT}=4.34\pm 0.59$; $\Delta E_{VF}=3.26\pm 0.47$; $\Delta E_{PF}=7.37\pm 0.37$; $\Delta E_{SF}=10.14\pm 1.65$) en comparación con Flitek Supreme XT a 70°C [157] ($\Delta E_{FSXT}=4.95\pm 1.96$). Los valores de los composites estudiados en el actual trabajo con un color universal se pueden observar en la Tabla 24 (ver Anexo VII) y todos ellos presentaron valores de cambio de color en ambas sustancias superiores a los anteriormente descritos. La diferencia de los valores de cambio de color de los composites estudiados en el presente estudio cuando se comparan con otros estudios de temperaturas similares [150, 157, 169] podrían estar relacionadas con las propiedades ópticas de los composites fluidos que es diferente a la de los composites convencionales [65, 66], que son los composites con los que se está realizando la comparación, debido a que los composites fluidos presentan mayor translucidez [65] y una menor incorporación de pigmentos [66]. Este último factor podría estar relacionado con los valores tan elevados de cambio de color de los composites de color universal del presente trabajo a cualquier temperatura y sustancia, ya que estos composites tienen ausencia de pigmentos.

En relación al vino tinto existe controversia en la literatura en el origen de la tinción. Ésta puede estar causada por los pigmentos [30, 141] o por el reblandecimiento y la degradación de la superficie causada por el alcohol [30, 142, 146, 155], ya que éste actúa como plastificante de la matriz de resina. Este hecho que puede afectar a la resistencia a la deformación haciendo que sea incapaz de soportar la abrasión causada por la masticación [195]. También hay otro factor y es que contiene ácido tartárico, que es un hidroxiaácido de origen natural, como el ácido cítrico y que presenta un pH bajo [193]. Esta combinación de factores, alcohol y bajo pH podrían ser la causa de la mayor tinción presentada por este líquido en las tres temperaturas estudiadas, siendo la más elevada de todos a 60°C, porque el aumento de temperatura podría acelerar la degradación de la matriz que causa el alcohol.

No hay que olvidar, que aunque los factores extrínsecos causan la mayor coloración de los composites, los factores intrínsecos también deben ser considerados en el proceso de tinción, porque estos son irreversibles y no se pueden eliminar y que es muy posible que estén íntimamente relacionados con los factores extrínsecos, ya que como hemos mencionado el pH bajo causa una degradación superficial, pero también provoca que haya una mayor absorción de agua o que el aumento de temperatura acelera el ritmo de degradación y por lo tanto

también podría colaborar en una mayor incorporación de agua y de pigmentos en el material, cambiando el color y la estructura de los composites.

Entre el material restaurador y el diente debe existir una armonía en el color, la cual se consigue por la capacidad de mimetismo de los materiales, ya que tienen la capacidad de enmascararse y disimularse con la estructura dental, de tal forma que no se percibe como algo ajeno al diente [30, 134, 160]; y esta habilidad debería mantenerse aunque el material cambie de color, ya que el diente también lo hace con el paso del tiempo en la cavidad oral, ya que ambos se encuentran sometidos a las mismas influencias externas de tintes, pH y cambios de temperatura y en este último caso, hay un factor que afecta a ambos sustratos que es el concepto de Coeficiente de Expansión Térmica (CET) que causa cambios dimensionales como respuesta a las variaciones de temperatura [189, 194]. De tal forma, que los cambios térmicos sobre el diente producidos de forma cíclica pueden causar un daño a la estructura dental [189], ya sea en forma de grietas, pequeñas fracturas o desgastes [196], de manera que estas pequeñas irregularidades con el tiempo pueden permitir la entrada de pigmentos, haciendo que el cambio de color sea bastante similar entre el composite y la estructura dental, así como el hecho anteriormente explicado de la erosión que causa el pH bajo de las bebidas, ya que afecta tanto a esmalte como a dentina [193].

Los composites estudiados en el presente trabajo presentan dos tonalidades A2 y Universal. Los composites de nanopartículas, autoadhesivo y SF, del grupo en bloque, tienen un color A2, ya que son composites que se pueden utilizar para reconstruir completamente la cavidad. En cambio, los composites en bloque (SDR, VBF y FBF), está recomendado que se cubran con una última capa de composite convencional ya que tienen menos resistencia al desgaste y a la abrasión [74, 101], ésta podría ser la razón de que sólo estén en color universal.

La elección del espectrofotómetro MHT SpectroShade fue porque es un dispositivo que permite estandarizar el ángulo de medición y reproducir la posición perpendicular de la superficie para garantizar las mismas condiciones de la medición de todas las muestras [107], esto se consigue cuando sale una raya de color verde en la pantalla del aparato. También es muy preciso en sus mediciones y fácil de manipular [30, 147] y la validación y fiabilidad de las mediciones con este dispositivo se han demostrado previamente [30, 107, 117, 141, 147, 167]. Decidimos utilizar el fondo negro porque es clínicamente más aceptable que el blanco o el gris, ya que representa la parte oscura de la cavidad oral [107, 141].

En relación a los composites estudiados, debemos mencionar que es el primer trabajo hasta el momento en el que se evalúa el cambio de color de los composites seleccionados por lo que a continuación se expondrán una serie de factores por los cuales unos composites pueden presentar una mayor o menor variabilidad de color que otros en relación a su composición empezando por analizar los factores relacionados con las partículas de relleno, seguido de la matriz orgánica y los factores asociados al agente de unión. En primer lugar, podemos observar que en las tres temperaturas los cuatro composites que presentan un menor cambio de color son VF (48vol%, 70wt%), SF (66.8vol%, 84wt%), FSXT (46vol%, 58-82wt%) y PF (70vol%, 84wt%); esto podría estar relacionado con el contenido de relleno, ya que estos materiales presentan un contenido >70wt% y algunos estudios [126, 140, 197] han demostrado que los composites con un alto contenido de relleno muestran una mayor coincidencia de color; además, otros autores consideran que esto provoca un menor grado de absorción de agua [154, 170], por lo que éste podría ser un factor para que penetren menos tintes de las sustancias pigmentantes y presenten menos cambio de color. Las diferencias del ΔE que se observan en estos composites a las diferentes temperaturas, demuestran que el incremento de temperatura aumenta el cambio de color y esto podría estar relacionado con lo anteriormente mencionado que al aumentar la temperatura se causa una mayor degradación de la matriz y por lo tanto aumenta la absorción de agua y la penetración de los pigmentos.

Otro factor relacionado con las partículas de relleno es el hecho que algunos de los composites estudiados (VF, VDF, TEF, FBF) llevan en su composición trifluoruro de iterbio (YbF_3), que son unas partículas del relleno que contribuyen a liberar flúor, que es un componente soluble en agua que se libera de los composites tras la inmersión en un líquido [126, 140], por lo que al liberarse quedan espacios en los que podrían penetrar el agua y los pigmentos, por lo que este factor podría estar afectando al cambio de color de TEF, FBF y VDF en el presente estudio. También hay que tener en cuenta la porosidad de las partículas de relleno agregadas y las partículas de cristales que también causan cambios de color [126, 160].

El tamaño y la distribución de las partículas están relacionados con las propiedades ópticas [33], así como con la susceptibilidad al envejecimiento; por lo que los composites con partículas más pequeñas presentan menos tinción y mejoran la apariencia estética de los mismos [31, 125]. En el presente estudio, todos los composites estudiados son composites fluidos de nanopartículas, aunque sean autoadhesivos o en bloque todos ellos coinciden en el tamaño de las partículas, por lo que se podría considerar que la mayoría de las diferencias

observadas estaría más relacionadas con la composición de la matriz orgánica y otros factores que no con las partículas de relleno a parte de las ya mencionadas.

En el grupo de los composites de nanopartículas observamos que de los cuatro composites, PF y FSXT son los que menos cambian de color, seguidos por TEF; en este caso las diferencias podrían estar relacionadas con lo anteriormente mencionado de las partículas de relleno, ya que todos tienen TEGDMA en su composición, que es un monómero altamente hidrofílico, por lo que tiene más tendencia a absorber agua [23] y en el caso de TEF y FSXT ambos contienen además Bis-GMA, que también es hidrofílico, pero para compensar TEF lleva UDMA y FSXT contiene Bis-EMA, ya que ambos monómeros son hidrofílicos, por lo que podría ser que su presencia compensara la absorción de agua del resto de componentes. De todos los componentes de este grupo, el que más cambio de color presentó fue VDF, que en principio presenta en su composición una mezcla de UDMA y EBPADMA, que la literatura los describe como dos monómeros hidrofóbicos [26, 27, 126, 141] y además está documentado que UDMA muestra niveles bajos de ΔE [126, 162], por lo que en este caso, al igual que en los composites en bloque SDR y VBF que presentan la misma composición deben estar relacionados con otros factores como puede ser el agente de unión de las partículas de relleno y la matriz orgánica. Algunos autores [113, 144, 149, 162] sugieren que la silanización de las partículas de relleno contribuye al cambio de color como resultado de la alta propensión que tiene el silano a la absorción de agua. Esto podría estar relacionado con la gran variedad de reacciones complejas que presenta el silano.

En cambio, en el grupo de los composites en bloque observamos que los cambios de color son bastante similares en su comportamiento, excepto en el caso de SF que presenta un menor cambio de color y esto podría estar relacionado con el color inicial de los composites, ya que SF, al igual que VF y el grupo de composites de nanopartículas, tiene un color A2 y SDR, VBF y FBF presentan un color universal. El color inicial de los composites es un factor adicional en la armonía del color, porque los composites más oscuros muestran una mejor coincidencia del color debido a la incorporación de los pigmentos y los más claros cambian más de color [64, 120, 198]. Posiblemente, el color universal sufre un mayor cambio de color por la ausencia de pigmentos. Además Uchida y cols. [198] documentan que el mayor cambio de color asociado a los colores claros podría ser el resultado de uno de estos dos factores: 1) el cambio de color se produce a través de la degradación ambiental del polímero que conduce a una liberación de monómeros y por tanto el cambio de color de la resina polimerizada al de los

monómeros; y 2) el efecto ambiental en la retención y/o estabilización de los pigmentos y otros aditivos en la formulación del polímero. Otros autores, consideran que este cambio más elevado de los colores claros podría estar asociado a que algunos iniciadores aceleran la polimerización de los composites, pero no aceleran el proceso de envejecimiento una vez el material está polimerizado [64], pero en este caso influyen componentes que desconocemos si están presentes o no en los materiales estudiados. También hay autores que consideran que los composites en bloque son más susceptibles a deteriorarse en presencia de agua [78] y por tanto esto también podría ser un factor que influyera en el cambio de color y tuvieran una mayor capacidad para teñirse.

En general a la temperatura de 37°C, los composites incluidos en este estudio tenían un $\Delta E \leq 3.3$, considerado clínicamente aceptable tanto en agua destilada como en Coca-Cola®, al igual que en otros estudios tanto a largo plazo [153, 157] como a corto plazo [30, 31, 54, 126, 144, 146, 148, 149, 155, 162]; únicamente VBF mostró un $\Delta E \geq 3.3$ en estos líquidos y estos valores podrían estar relacionados con su color universal, los bajos niveles de contenido de relleno o la degradación del silano. En cambio, en zumo de naranja, café, té y vino tinto se obtuvieron valores de $\Delta E \geq 3.3$ en todos los composites estudiados al igual que en otros estudios [113, 141, 148, 155, 164].

En las otras temperaturas observamos un patrón de comportamiento general de los composites muy parecido a 37°C, aunque con algunas diferencias: a 5°C en agua destilada todos los composites tienen un $\Delta E \leq 3.3$; en cambio en Coca-Cola®, SDR y VBF, y en zumo de naranja, FBF y VBF, presentaron un $\Delta E \geq 3.3$, esto podría estar relacionado en que se erosionan más que el resto por influencia del bajo pH y la baja temperatura [150, 170, 193], además de la absorción de los pigmentos marrón parduzco presentes en la Coca-Cola® [30, 155] o los de color amarillento del zumo de naranja [146]. En el resto de sustancias (té, café y vino tinto), todos los composites presentaron valores de $\Delta E \geq 3.3$, aunque el composite TEF en el té se encuentra en el límite del 3.3 ($\Delta E = 3.32 \pm 1.23$), al igual que en 37°C, sólo que los valores de cambio de color fueron inferiores a esta temperatura.

En contraposición, a 60°C observamos que el agua destilada es el único líquido en el que todos sus composites excepto SDR y VF presentaron valores de $\Delta E \leq 3.3$, suponemos que en el caso de VF esto sería debido a la tendencia que tiene a absorber agua [25, 29, 85] y a 60 °C su matriz se debe degradar más rápido y por esta razón adquiere un color superior a 3.3; en el caso de SDR suponemos que estará relacionado con los mismos factores. En cambio en Coca-

Cola® todos los composites presentaron un $\Delta E \geq 3.3$, excepto FSXT que es el único que obtuvo valores de color clínicamente aceptables, debemos suponer que está relacionado con lo anteriormente mencionado del efecto del bajo pH a altas temperaturas [193], el tipo de partículas y la distribución de las mismas. En un estudio de erosión observaron que FSXT fue el único composite estudiado que no presentó degradación superficial frente a zumo de naranja y bebidas alcohólicas por lo que el pH de las mismas prácticamente no le afectó [67]; ya que en el resto de sustancias estudiadas todos los composites presentaron valores superiores a 3.3 y todas tienen un bajo pH.

Algunos autores han percibido que el mayor cambio de color ocurre durante los primeros 7 días, y estos cambios continúan hasta los 14 días, tras los cuales el material tiende a la saturación [140, 160, 161]. Nuestro estudio mostró que el cambio de color aumentaba durante todo el período de tiempo estudiado (6 meses) sin mostrar una saturación del color; estos resultados se sustentan en los de otros estudios [126, 141, 143]. Estas discrepancias se podrían explicar por la interacción aumentada entre las sustancias químicas y la resina, así como la mejor penetración de los pigmentos en el interior de la matriz [113, 126] y por el hecho que al incrementar la temperatura se observa una mayor degradación de la matriz que acelera el proceso de captación de pigmentos y tampoco se observa que se produzca una saturación del color. Nakamura y cols. [129] dicen que la polimerización de los composites podría estar aumentada en mayor medida por una inmersión de larga duración a 60°C, por lo que el cambio de color, así como el deterioro de las propiedades físicas, podrían estar originados por una polimerización continuada, así como también por la absorción de agua.

De acuerdo con la estimación de Ertaş y cols. [148] el período de inmersión elegido para este estudio es equivalente aproximadamente a 13 años de envejecimiento clínico (24 horas de tinción *in vitro* se corresponden a 1 mes *in vivo*). Por tanto, si entre 17 y 22 años se considera como el tiempo de expectativa de vida de un composite actual [7], el período de inmersión utilizado en este estudio a 37°C es clínicamente relevante; a 60°C según Asmussen [130] 1 mes se corresponde a 12 meses a 37°C en agua destilada, por lo que 6 meses de estudio serían 6 años, pero tal y como se observa en los resultados los valores a 60°C son más elevados que a 37°C, por lo que en realidad equivalen a más tiempo en el medio oral, ya que la elevada temperatura produce un envejecimiento acelerado que es difícil de trasladar a la clínica correctamente. A 5°C no existen estudios por lo que no podemos realizar un cálculo adecuado ni la traslación a nivel clínico.

La absorción de agua y la solubilidad están relacionadas con la composición de la matriz de resina y además estos dos factores ejercen un efecto perjudicial en su estructura y función, pudiendo ser un precursor de una variedad de procesos físicos y químicos de preocupación a nivel de biocompatibilidad [151]. Los composites son materiales heterogéneos que presentan tres componentes principales: matriz orgánica, partículas de relleno y el silano como agente de unión [13, 18]. Desde la introducción de los primeros materiales, diferentes mezclas de monómeros de dimetacrilatos como Bis-GMA, Bis-EMA y UDMA, se han incorporado habitualmente en muchos composites comercializados [50]. Sin embargo, en los últimos años se están introduciendo nuevos monómeros a la matriz orgánica, como los oxiranos y siloxanos [28, 30], el monómero DX-511 [29], EBPADMA [26, 27], así como mezclas de monómeros autoadhesivos en metacrilatos como GPDM [25, 29, 85] y PMGDM [27], que afectan a la absorción y la solubilidad ya que la tendencia es buscar composites que absorban menos agua, y por lo tanto liberen menos monómeros residuales al medio oral y así no se crean espacios por donde penetren el agua y los pigmentos, pero no todos estos monómeros logran alcanzar el objetivo.

VF, el cual contiene GPDM, que es un grupo de monómeros adhesivos que fueron comercialmente introducidos por Buonacuore [29] presentó la mayor absorción de agua y solubilidad al igual que en otros estudios [25, 29, 85, 199]. Los valores obtenidos en el presente estudio para este material ($W_S=69.10\pm 7.19$; $W_L=11.20\pm 10.76$), son inferiores a los obtenidos en el estudio de Wei y cols [29] que fueron ($W_S=71.96\pm 0.90$; $W^L=16.95\pm 0.79$), y en ambos estudios los valores fueron superiores a los aceptados por la normativa ISO4049:2009 que son ($W_S<40\mu\text{g}/\text{mm}^3$; $W_L<7,5\mu\text{g}/\text{mm}^3$). Esto podría estar relacionado con la estructura de los monómeros adhesivos que influye en la hidrofiliidad del polímero final [29, 200]. Por lo tanto, el grupo fosfato ácido hidrofílico y la estructura del GPDM puede servir de base en el grado de absorción de agua de este composite [25, 29, 85, 199]. Otros factores asociados con la absorción de agua son el tipo y la cantidad de relleno (tanto en porcentaje de volumen como en peso) de las partículas de relleno usadas. Wei y cols. [25, 29, 85] documentaron que como era el único composite fluido analizado en sus estudios, VF contenía menos partículas y más monómero que el resto de materiales estudiados. En el estudio actual, todos los composites estudiados fueron fluidos y contenían más o menos la misma cantidad de relleno en volumen, porque en peso algunos podían llegar a superar el 70% y aunque VF y PF ambos tuvieran el mismo tipo de partículas y cantidades, su grado de absorción de agua fue diferente, esto podría ser por la presencia del GPDM en la composición de la matriz, así como las partículas de

YbF_3 (presentes en VF, pero no en PF) que al liberar flúor crean poros, y por lo tanto el material absorbe más agua.

Algunos autores mantienen que la estabilidad del color está asociada con la absorción de agua y la hidrofiliidad de la matriz orgánica [57, 113, 140, 144, 160]. Sin embargo, en el presente estudio, observamos que VF fue el material que más agua absorbió, incluso por encima de los valores considerados aceptables por la normativa ISO 4049, pero en cambio su estabilidad del color fue similar a la de SF y el grupo de los composites de nanopartículas, excepto VDF. Estos descubrimientos podrían estar relacionados con el contenido de relleno y los pigmentos presentes en la formulación para darles el color A2; ya que al realizar la correlación de Pearson no se observaron diferencias estadísticamente significativas en este sentido, aunque la relación sea positiva. Los composites en bloque y los de nanopartículas mostraron niveles similares de absorción de agua y solubilidad en el presente estudio, esto podría estar relacionada a que en general la composición de la matriz y el contenido de relleno son muy parecidas entre todos los composites estudiados y en otros estudios encontraron resultados similares y llegaron a la misma conclusión [201].

SF fue el material que presentó niveles de absorción de agua más bajos de todos los materiales estudiados, éste es un composite en bloque nuevo que requiere una activación sónica. La energía sónica se aplica mediante el uso de una pieza de mano especial que aumenta la fluidez [74]. Esto podría reducir la absorción de agua de este composite, el cual también presenta un elevado contenido de relleno comparado con los otros composites estudiados. Rahim y cols. [170] documentaron que la incorporación de grandes cantidades de partículas en el interior de la matriz orgánica podía reducir el volumen libre disponible para la incorporación de agua.

Con la excepción de VF, los composites analizados en este estudio mostraron niveles de absorción de agua y solubilidad dentro de los parámetros estipulados por la normativa ISO4049:2009 y son coherentes con los estudios publicados, en los que se estudiaron otros materiales dentro del grupo de los composites, ya que todavía en la literatura artículos publicados con los composites utilizados en el trabajo actual a excepción de VF, como ya se ha analizado anteriormente. Asimismo, los resultados de estabilidad del color del presente estudio concuerdan con la literatura con respecto a la tendencia de los composites a sufrir un cambio de color en diferentes sustancias de consumo habitual. Sin embargo, el alto grado de absorción de agua no se adecúa con un cambio de color significativo, por lo que diferentes

factores influyen la estabilidad del color, como son los pigmentos utilizados, el contenido del relleno, la temperatura o el pH de los líquidos.

Por todo ello, aceptamos parcialmente la hipótesis de trabajo alternativa 1, ya que en las tres temperaturas hubo materiales que conservaron cambios de color clínicamente aceptables en algunas sustancias pigmentantes a 5°C y 37°C y en cambio aceptamos completamente la hipótesis alternativa 2 en relación a la absorción de agua.

8. CONCLUSIONES

Existe una relación entre la absorción de agua y el cambio de color de los composites, pero este parámetro no es el factor principal, sino que es uno más dentro de un problema multifactorial en el que también deben tenerse en cuenta otros como son la temperatura, el pH, la selección adecuada del color inicial del material, la rugosidad superficial y los pigmentos.

1. **A 37°C el cambio de color** fue perceptible en todos los composites estudiados, en todas las sustancias y en todos los tiempos estudiados. Fue clínicamente aceptable en agua destilada y Coca-Cola®, excepto VBF y en zumo de naranja todos excepto SDR, VBF, SF y TEF. En café, té y vino tinto, todos los composites mostraron un cambio de color clínicamente inaceptable.
2. **A 5°C el cambio de color** fue imperceptible en todos los tiempos en agua destilada para TEF y VF; en Coca-Cola® para TEF, PF y VF y en zumo de naranja VF. Fue clínicamente aceptable en el resto de materiales, excepto SDR y VBF en Coca-Cola® y FBF y VBF en zumo de naranja; en el resto de composites y sustancias el cambio de color fue clínicamente inaceptable para todos los tiempos estudiados.
3. **A 60°C el cambio de color** fue clínicamente aceptable en agua destilada en todos los composites excepto SDR en todos los tiempos y VF a partir de los tres meses. Para el resto de sustancias y tiempos todos los composites mostraron cambios de color clínicamente inaceptables excepto en Coca-Cola®, que había composites que a partir de las 3 semanas empezaron a incrementar el cambio de color y se volvió inaceptable.
4. **La absorción de agua y la solubilidad** de los composites se mantuvieron dentro de los parámetros establecidos por la normativa ISO 4049 durante los 6 meses de estudio, excepto VF que presentó valores más elevados.

A relationship is observed between water sorption and colour change of composites, although this parameter is not the main factor, but one of several in a multifactorial problem in which others, such as temperature, pH, surface roughness and pigments, as well as a correct choice of the materials in terms of colour, must also be taken in account.

1. **The colour change** was perceptible in all composites, substances and times under study **at 37 °C**. The colour change was clinically acceptable in distilled water and Coca-Cola® except VBF; and colour change was also acceptable in orange juice except SDR, VBF, SF and TEF. In coffee, tea and red wine all composites showed a clinically unacceptable colour change.
2. **The colour change** was imperceptible in distilled water for TEF and VF in all the study times **at 5 °C**; this was also the case in Coca-Cola® for TEF, PF and VF; and in orange juice for VF. The colour change was clinically acceptable in other materials except SDR and VBF in Coca-Cola®, and FBF and VBF in orange juice; the colour change in the other composites and solutions was clinically unacceptable for all studied times.
3. **The colour change** was clinically acceptable in distilled water in all composites except SDR in all times, and for VF from 3 months **at 60 °C**. Regarding the other solutions and times all composites underwent clinically an unacceptable colour change except in Coca-Cola®, which contained composites that began to augment the colour change from 3 weeks, thus making it unacceptable.
4. **The water sorption and solubility** of the composites remained within the parameters established by ISO standard 4049 during the 6-month study, with the exception of VF, which presented higher values.

9. PERSPECTIVAS DE FUTURO

Pensamos que para futuras investigaciones siguiendo esta línea de investigación sería interesante estudiar y evaluar la influencia del pulido de estos mismos composites en estudios de sustancias pigmentantes a largo plazo.

También se podría estudiar la influencia del cepillado y el uso de diferentes pastas dentífricas, ya sean blanqueantes o no, en la eliminación de las tinciones externas de las sustancias pigmentantes a largo plazo.

Así como, realizar estudios de absorción de agua y solubilidad con las diferentes sustancias pigmentantes a diferentes temperaturas como en este estudio para evaluar el efecto del pH en la degradación de los materiales.

10.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ismail AI, Tellez M, Pitts NB, Ekstrand KR, Ricketts D, Longbottom C, et al. *Caries management pathways preserve dental tissues and promote oral health*. Community Dent Oral Epidemiol. 2013; 41(1): e12-40.
2. Schwendicke F, Dörfer CE, Schlattmann P, Foster Page L, Thomson WM, Paris S. *Socioeconomic inequality and caries: a systematic review and meta-analysis*. J Dent Res. 2015; 94(1): 10-8.
3. Vargas-Ferreira F, Salas MMS, Nascimento GG, Tarquinio SBC, Faggion CM Jr., Peres MA, et al. *Association between developmental defects of enamel and dental caries: A systematic review and meta-analysis*. J Dent. 2015; 43(6): 619-28.
4. Hurlbutt M. *CAMBRA: Best practices in dental caries management*. RDH magazine. 2011: 96-106.
5. Barasona Mercado P. *Epidemiología de la caries*, en *Patología y Terapéutica Dental*. J. García Barbero, Editor. 1997, Editorial Síntesis: Madrid. p. 138-45.
6. Young DA, Featherstone JD. *Caries management by risk assessment*. Community Dent Oral Epidemiol. 2012; 41(1): e53-63.
7. Ferracane JL. *Resin-based composite performance: are there some things we can't predict?* Dent Mater. 2013; 29(1): 51-8.
8. Bauss O, Röhling J, Schwestka-Polly R. *Prevalence of traumatic injuries to the permanent incisors in candidates for orthodontic treatment*. Dent Traumatol 2004; 20(2): 61-6.
9. Takeda T, Ishigami K, Handa J, Naitoh K, Kurokawa K, Shibusawa M, et al. *Does hard insertion and space improve shock absorption ability of mouthguard?* Dent Traumatol. 2006; 22(2): 77-82.
10. Persic R, Pohl Y, Filippi A. *Dental squash injuries - a survey among players and coaches in Switzerland, Germany and France*. Dent Traumatol. 2006; 22(5): 231-6.
11. Duhaime CF, Whitmyer CC, Butler RS, Kuban B. *Comparison of forces transmitted through different EVA mouthguards*. Dent Traumatol. 2006; 22(4): 186-92.
12. Baccetti T, Antonini A. *Dentofacial characteristics associated with trauma to maxillary incisors in the mixed dentition*. J Clin Pediatr Dent. 1998; 22(4): 281-4.
13. Ferracane JL. *Current trends in dental composites*. Crit Rev Oral Biol Med. 1995; 6(4): 302-18.
14. Lin CT, Lee SY, Keh ES, Dong DR, Huang HM, Shih YH. *Influence of silanization and filler fraction on aged dental composites*. J Oral Rehabil. 2000; 27(11): 919-26.
15. Drummond JL. *Degradation, fatigue, and failure of resin dental composite materials*. J Dent Res. 2008; 87(8): 710-9.
16. da Silva EM, Gonçalves L, Guimarães JG, Poskus LT, Fellows CE. *The diffusion kinetics of a nanofilled and a midifilled resin composite immersed in distilled water, artificial saliva, and lactic acid*. Clin Oral Investig. 2011; 15(3): 393-401.
17. Polydorou O, Trittler R, Hellwig E, Kümmerer K. *Elution of monomers from two conventional dental composite materials*. Dent Mater. 2007; 23(12): 1535-41.
18. Yap AU, Tan SH, Wee SS, Lee CW, Lim EL, Zeng KY. *Chemical degradation of composite restoratives*. J Oral Rehabil. 2001; 28(11): 1015-21.
19. Chen MH. *Update on dental nanocomposites*. J Dent Res. 2010; 89(6): 549-60.
20. Malhotra N, Mala K, Acharya S. *Resin-based composite as a direct esthetic restorative material*. Compend Contin Educ Dent. 2011; 32(5): 14-23.
21. Zimmerli B, Strub M, Jeger F, Stadler O, Lussi A. *Composite materials: composition, properties and clinical applications. A literature review*. Schweiz Monatsschr Zahnmed. 2010; 120(11): 972-86.
22. Curtis AR, Shortall AC, Marquis PM, Palin Wm. *Water uptake and strength characteristics of a nanofilled resin-based composite*. J Dent. 2008; 36(3): 186-93.

23. Khatri CA, Stansbury JW, Schultheisz CR, Antonucci JM. *Synthesis, characterization and evaluation of urethane derivatives of Bis-GMA*. Dent Mater. 2003; 19(7): 584-8.
24. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Celis JP, Vanherle G. *A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics*. Dent Mater. 1992; 8(5): 310-9.
25. Wei YJ, Silikas N, Zhang ZT, Watts DC. *The relationship between cyclic hygroscopic dimensional changes and water sorption/desorption of self-adhering and new resin-matrix composites*. Dent Mater. 2013; 29(9): e218-26.
26. O'Donnell JN, Langhorst SE, Fow MD, Antonucci JM, Skrtic D. *Light-cured dimethacrylate-based resins and their composites: comparative study of mechanical strength, water sorption and ion release*. J Bioact Compat Polym. 2008; 23(3): 207-26.
27. Dickens SH, Flaim GM, Floyd CJ. *Effects of adhesive, base and diluent monomers on water sorption and conversion of experimental resins*. Dent Mater. 2010; 26(7): 675-81.
28. Ilie N, Hickel R. *Resin composite restorative materials*. Aust Dent J. 2011; 56 (Suppl 1): 59-66.
29. Wei YJ, Silikas N, Zhang ZT, Watts DC. *Diffusion and concurrent solubility of self-adhering and new resin-matrix composites during water sorption/desorption cycles*. Dent Mater. 2011; 27(2): 197-205.
30. Arocha MA, Mayoral JR, Lefever D, Mercadé M, Basilio J, Roig M. *Color stability of siloranes versus methacrylate-based composites after immersion in staining solutions*. Clin Oral Investig. 2013; 17(6): 1481-7.
31. Fontes ST, Fernández MR, de Moura CM, Meireles SS. *Color stability of a nanofill composite: effect of different immersion media*. J Appl Oral Sci. 2009; 17(5): 388-91.
32. Ferracane JL. *Resin composite--state of the art*. Dent Mater. 2011; 27(1): 29-38.
33. Mitra SB, Wu D, Holmes BN. *An application of nanotechnology in advanced dental materials*. J Am Dent Assoc. 2003; 134(10): 1382-90.
34. Kerby RE, Knobloch LA, Schricker S, Gregg B. *Synthesis and evaluation of modified urethane dimethacrylate resins with reduced water sorption and solubility*. Dent Mater. 2009; 25(3): 302-13.
35. Elliott JE, Lovell LG, Bowman CN. *Primary cyclization in the polymerization of bis-GMA and TEGDMA: a modeling approach to understanding the cure of dental resins*. Dent Mater. 2001; 17(3): 221-9.
36. Alshali RZ, Salim NA, Sung R, Satterthwaite JD, Silikas N. *Qualitative and quantitative characterization of monomers of uncured bulk-fill and conventional resin-composites using liquid chromatography/mass spectrometry*. Dent Mater. 2015; 31(6): 711-20.
37. Atai M, Ahmadi M, Babanzadeh S, Watts DC. *Synthesis, characterization, shrinkage and curing kinetics of a new low-shrinkage urethane dimethacrylate monomer for dental applications*. Dent Mater. 2007; 23(8): 1030-41.
38. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. *Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins*. Biomaterials. 2003; 24(4): 655-65.
39. Debnath S, Wunder SL, McCool JI, Baran GR. *Silane treatment effects on glass/resin interfacial shear strengths*. Dent Mater. 2003; 19(5): 441-8.
40. Sumino N, Tsubota K, Takamizawa T, Shiratsuchi K, Miyazaki M, Latta MA. *Comparison of the wear and flexural characteristics of flowable resin composites for posterior lesions*. Acta Odontol Scand. 2013; 71(3-4): 820-7.
41. Papadogiannis DY, Lakes RS, Papadogiannis Y, Palaghias G, Helvatjoglu-Antoniades M. *The effect of temperature on the viscoelastic properties of nano-hybrid composites*. Dent Mater. 2008; 24(2): 257-66.

42. Saunders SA. *Current practicality of nanotechnology in dentistry. Part 1: Focus on nanocomposite restoratives and biomimetics*. Clin Cosmet Investig Dent. 2009; 1: 47-61.
43. Mohsen NM, Craig RG. *Effect of silanation of fillers on their dispersability by monomer systems*. J Oral Rehabil. 1995; 22(3): 183-9.
44. Karabela MM, Sideridou ID. *Effect of the structure of silane coupling agent on sorption characteristics of solvents by dental resin-nanocomposites*. Dent Mater. 2008; 24(12): 1631-9.
45. Schneider LF, Cavalcante LM, Silikas N, Watts DC. *Degradation resistance of silorane, experimental ormocer and dimethacrylate resin-based dental composites*. J Oral Sci. 2011; 53(4): 413-9.
46. Cavalcante LM, Scheider LF, Hammad M, Watts DC, Silikas N. *Degradation resistance of ormocer- and dimethacrylate-based matrices with different filler contents*. J Dent. 2012; 40(1): 86-90.
47. Mahmoud SH, Ali AK, Hegazi HA. *A three-year prospective randomized study of silorane- and methacrylate-based composite restorative systems in class II restorations*. J Adhes Dent. 2014; 16(3): 285-92.
48. Baracco B, Perdigão J, Cabrera E, Giráldez I, Ceballos L. *Clinical evaluation of a low-shrinkage composite in posterior restorations: one-year results*. Oper Dent. 2012; 37(2): 117-29.
49. Eick JD, Smith RE, Pinzino CS, Kostoryz EL. *Stability of silorane dental monomers in aqueous systems*. J Dent. 2006; 34(6): 405-10.
50. Furuse AY, Gordon K, Rodrigues FP, Silikas N, Watts DC. *Colour-stability and gloss-retention of silorane and dimethacrylate composites with accelerated aging*. J Dent. 2008; 36(11): 945-52.
51. Popoff DA, de Margalhães CS, de Freitas Oliveira W, Soares LA, de Almada Santa Rosa TT, Ferreira RC, et al. *Two-year clinical performance of dimethacrylatebased composite restorations repaired with a silorane-based composite*. J Adhes Dent. 2014; 16(6): 575-83.
52. Musanje L, Shu M, Darvell BW. *Water sorption and mechanical behaviour of cosmetic direct restorative materials in artificial saliva*. Dent Mater. 2001; 17(5): 394-401.
53. Nicholson JW. *Water sorption/desorption in polyacid-modified composite resins for dentistry*. J Mater Sci Mater Med. 2008; 19(4): 1713-7.
54. Tian F, Yap Au, Wang X, Gao X. *Effect of staining solutions on color of pre-reacted glass-ionomer containing composites*. Dent Mater J. 2012; 31(3): 384-8.
55. Abdel-karim UM, El-Eraky M, Etman WM. *Three-year clinical evaluation of two nano-hybrid giomer restorative composites*. Tanta Dental Journal. 2014; 11: 213-22.
56. Itota T, Carrick TE, Yoshiyama M, McCabe JF. *Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite*. Dent Mater. 2004; 20(9): 789-95.
57. Gonulol N, Ozer S, Sen Tunc E. *Water Sorption, Solubility, and Color Stability of Giomer Restoratives*. J Esthet Restor Dent. 2014; doi:10.1111/jerd.12119.
58. Gordan VV, Mondragon E, Watson RE, Garvan C, Mjör IA. *A clinical evaluation of a self-etching primer and a giomer restorative material: results at eight years*. J Am Dent Assoc. 2007; 138(5): 621-7.
59. Cadenaro M, Codan B, Navarra CO, Marchesi G, Turco G, Di Lenarda R, Breschi L. *Contraction stress, elastic modulus, and degree of conversion of three flowable composites*. Eur J Oral Sci. 2011; 119(3): 241-5.
60. Cadenaro M, Marchesi G, Antonioli F, Davidson C, De Stefano Dorigo E, Breschi L. *Flowability of composites is no guarantee for contraction stress reduction*. Dent Mater. 2009; 25(5): 649-54.

61. Attar N, Tam LE, McComb D. *Flow, strength, stiffness and radiopacity of flowable resin composites*. J Can Dent Assoc. 2003; 69(8): 516-21.
62. Ikeda I, Otsuki M, Sadr A, Nomura T, Kishikawa R, Tagami J. *Effect of filler content of flowable composites on resin-cavity interface*. Dent Mater J. 2009; 28(6): 679-85.
63. Beun S, Bailly C, Devaux J, Leloup G. *Rheological properties of flowable resin composites and pit and fissure sealants*. Dent Mater. 2008; 24(4): 548-55.
64. Korkmaz Ceyhan Y, Ontiveros JC, Powers JM, Paravina RD. *Accelerated aging effects on color and translucency of flowable composites*. J Esthet Restor Dent. 2014; 26(4): 272-8.
65. Yu B, Lee YK. *Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites*. J Dent. 2008; 36(10): 840-6.
66. Yu B, Lee YK. *Comparison of the color stability of flowable and universal resin composites*. Am J Dent. 2009; 22(3): 160-4.
67. Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. *Evaluation of flowable resin composite surfaces eroded by acidic and alcoholic drinks*. Dent Mater J. 2008; 27(3): 455-65.
68. Baroudi K, Silikas N, Watts DC. *Edge-strength of flowable resin-composites*. J Dent. 2008; 36(1): 63-8.
69. Archegas LR, Freire A, Vieira S, Caldas DB, Souza EM. *Colour stability and opacity of resin cements and flowable composites for ceramic veneer luting after accelerated ageing*. J Dent. 2011; 39(11): 804-10.
70. Okamura H, Miyasaka T, Hagiwara T. *Development of dental composite resin utilizing low-shrinking and low-viscous monomers*. Dent Mater J. 2006; 25(3): 437-44.
71. Wajdowicz MN, Vandewalle KS, Means MT. *Shear bond strength of new self-adhesive flowable composite resins*. Gen Dent. 2012; 60(2): e104-8.
72. Bektas OO, Eren D, Akin EG, Akin H. *Evaluation of a self-adhering flowable composite in terms of micro-shear bond strength and microleakage*. Acta Odontol Scand. 2013; 71(3-4): 541-6.
73. Salerno M, Derchi G, Thorat S, Ceseracciu L, Ruffilli R, Barone AC. *Surface morphology and mechanical properties of new-generation flowable resin composites for dental restoration*. Dent Mater. 2011; 27(12): 1221-8.
74. Conte NR Jr., Goodchild JH. *Flowable composite resins: do they decrease microleakage and shrinkage stress?* Compend Contin Educ Dent. 2013; 34 (Sp 4): 1-6.
75. Vichi A, Margvelashvili M, Goracci C, Papacchini F, Ferrari M. *Bonding and sealing ability of a new self-adhering flowable composite resin in class I restorations*. Clin Oral Investig. 2013; 17(6): 1497-506.
76. Miletic V, Manojlovic D, Milosevic M, Mitrovic N, Stankovic TS, Maneski T. *Analysis of local shrinkage patterns of self-adhering and flowable composites using 3D digital image correlation*. Quintessence Int. 2011; 42(9): 797-804.
77. Czasch P, Ilie N. *In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of a self-adhesive and four novel flowable composites*. J Adhes Dent. 2013; 15(3): 229-36.
78. Jang JH, Park SH, Hwang IN. *Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk-fill resin composites and highly filled flowable resin*. Oper Dent. 2015; 40(2): 172-80.
79. Poitevin A, De Munck J, Van Ende A, Suyama Y, Mine A, Peumans M, Van Meerbeek B. *Bonding effectiveness of self-adhesive composites to dentin and enamel*. Dent Mater. 2013; 29(2): 221-30.
80. Fu J, Kakuda S, Pan S, Hoshika S, Ting S, Fukuoka A, et al. *Bonding performance of a newly developed step-less all-in-one system on dentin*. Dent Mater J. 2013; 32(2): 203-11.
81. Milia E, Castelli G, Bortone A, Sotgiu G, Manunta A, Pinna R, Gallina G. *Short-term response of three resin-based materials as desensitizing agents under oral environmental exposure*. Acta Odontol Scand. 2013; 71(3-4): 599-609.

82. Pinna R, Bortone A, Sotgiu G, Dore S, Usai P, Milia E. *Clinical evaluation of the efficacy of one self-adhesive composite in dental hypersensitivity*. Clin Oral Investig. 2015; 19(7): p. 1663-72.
83. Yesilyurt C, Cayhanli KT, Kedici Alp C, Yildirim T, Tasdemir T. *In vitro bonding effectiveness of new self-adhering flowable composite to calcium silicate-based material*. Dent Mater J. 2014; 33(3): 319-24.
84. Erdemir U, Sancakli HS, Sanckali E, Eren MM, Ozel S, Yucel T, Yildiz E. *Shear bond strength of a new self-adhering flowable composite resin for lithium disilicate-reinforced CAD/CAM ceramic material*. J Adv Prosthodont. 2014; 6(6): 434-43.
85. Wei YJ, Silikas N, Zhang Zt, Watts DC. *Hygroscopic dimensional changes of self-adhering and new resin-matrix composites during water sorption/desorption cycles*. Dent Mater. 2011; 27(3): 259-66.
86. Rengo C, Goracci C, Juloski J, Chieffi N, Giovannetti A, Vichi A, Ferrari M. *Influence of phosphoric acid etching on microleakage of a self-etch adhesive and a self-adhering composite*. Aust Dent J. 2012; 57(2): 220-6.
87. Eliades A, Birpou E, Eliades T, Eliades G. *Self-adhesive restoratives as pit and fissure sealants: a comparative laboratory study*. Dent Mater. 2013; 29(7): 752-62.
88. Giachetti L, Scaminaci Russo D, Baldini M, Bertini F, Steier L, Ferrari M. *Push-out strength of translucent fibre posts cemented using a dual-curing technique or a light-curing self-adhering material*. Int Endod J. 2012; 45(3): 249-56.
89. Furness A, Tadros MY, Looney SW, Rueggeberg FA. *Effect of bulk/incremental fill on internal gap formation of bulk-fill composites*. J Dent. 2014; 42(4): 439-49.
90. Tomaszewska IM, Kearns JO, Ilir N, Fleming GJ. *Bulk fill restoratives: to cap or not to cap--that is the question?* J Dent. 2015; 43(3): 309-16.
91. Garcia D, Taman P, Dennison J, Neiva GF. *Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins*. Oper Dent. 2014; 39(4): 441-8.
92. Moorthy A, Hogg CH, Dowling AH, Grufferty BF, Benetti AR, Fleming GJ. *Cuspal deflection and microleakage in premolar teeth restored with bulk-fill flowable resin-based composite base materials*. J Dent. 2012; 40(6): 500-5.
93. Czasch P, Ilie N. *In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites*. Clin Oral Investig. 2013; 17(1): 227-35.
94. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G. *Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites*. J Dent. 2014; 42(8): 993-1000.
95. Par M, Gamulin O, Marovic D, Klaric E, Tarle Z. *Effect of temperature on post-cure polymerization of bulk-fill composites*. J Dent. 2014; 42(10): 1255-60.
96. Ilie N, Stark K. *Curing behaviour of high-viscosity bulk-fill composites*. J Dent. 2014; 42(8): 977-85.
97. Zorzin J, Maier E, Harre S, Fey T, Belli E, Lohbauer U, et al. *Bulk-fill resin composites: polymerization properties and extended light curing*. Dent Mater. 2015; 31(3): 293-301.
98. Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. *Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals*. Dent Mater. 2013; 29(9): e213-7.
99. Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. *Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites*. Dent Mater. 2014; 30(2): 149-54.
100. Fleming GJ, Awan M, Cooper PR, Sloan AJ. *The potential of a resin-composite to be cured to a 4mm depth*. Dent Mater. 2008; 24(4): 522-9.
101. Roggendorf MJ, Krämer N, Appelt A, Naumann M, Frankenberger R. *Marginal quality of flowable 4-mm base vs. conventionally layered resin composite*. J Dent. 2011; 39(10): 643-7.
102. Johnston WM, Kao EC. *Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry*. J Dent Res. 1989; 68(5): 819-22.

103. Johnston WM. *Color measurement in dentistry*. J Dent. 2009; 37 (Suppl 1): e2-6.
104. Chu SDA, Paravina RD, Mielezsko, AJ. *Fundamentals of color. Shade, matching and communication in Esthetic Dentistry*: Quintessence Books. Chap. 2.
105. Lasserre JF, Pop-Ciutrla IS, Colosi HA. *A comparison between a new visual method of colour matching by intraoral camera and conventional visual and spectrometric methods*. J Dent. 2011; 39 (Suppl 3): e29-36.
106. Lee YK, Yu B, Lee SH, Cho MS, Lee CY, Lim HN. *Variation in instrument-based color coordinates of esthetic restorative materials by measurement method-A review*. Dent Mater. 2010; 26(11): 1098-105.
107. Ardu S, Braut V, Di Bella E, Lefever D. *Influence of background on natural tooth colour coordinates: an in vivo evaluation*. Odontology. 2014; 102(2): 267-71.
108. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. *Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects*. J Dent. 2010; 38 (Suppl 2): e2-16.
109. Khashayar G, Bain PA, Salari S, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. *Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry*. J Dent. 2014; 42(6): 637-44.
110. Gómez-Polo C, Gómez-Polo M, Celemin-Viñuela A, Martínez Vázquez de Parga JA. *Differences between the human eye and the spectrophotometer in the shade matching of tooth colour*. J Dent. 2014; 42(6): 742-5.
111. Vichi A, Louca C, Corciolani G, Ferrari M. *Color related to ceramic and zirconia restorations: a review*. Dent Mater. 2011; 27(1): 97-108.
112. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. *Evaluation of visual and instrument shade matching*. J Prosthet Dent. 1998; 80(6): 642-8.
113. Bagheri R, MF Burrow, Tyas M. *Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials*. J Dent. 2005; 33(5): 389-98.
114. Ahn JS, Lee YK. *Color distribution of a shade guide in the value, chroma, and hue scale*. J Prosthet Dent. 2008; 100(1): 18-28.
115. Lehmann KM, Devigus A, Igiel C, Weyhrauch M, Schmidtman I, Wentaschek S, Scheller H. *Are dental color measuring devices CIE compliant?* Eur J Esthet Dent. 2012; 7(3): 324-33.
116. Gómez Polo C, Gómez Polo M, Montero J, Martínez Vázquez de Parga JA, Celemin Viñuela A. *Correlation of natural tooth colour with aging in the Spanish population*. Int Dent J. 2015; doi:10.1111/idj.12176.
117. Mayoral JR, Arocha MA, Domínguez S, Roig M, Ardu S. *In vivo spectrophotometric evaluation of pure enamel and enamel-dentine complex in relationship with different age groups*. J Dent. 2013; 41(12): 1245-50.
118. Baratieri LN, Araujo E, and Monteiro S Jr. *Color in natural teeth and direct resin composite restorations: essential aspects*. Eur J Esthet Dent. 2007; 2(2): 172-86.
119. Gozalo-Diaz D, Johnston WM, Wee AG. *Estimating the color of maxillary central incisors based on age and gender*. J Prosthet Dent. 2008; 100(2): 93-8.
120. Sabatini C, Campillo M, Aref J. *Color stability of ten resin-based restorative materials*. J Esthet Restor Dent. 2012; 24(3): 185-99.
121. Sharma G, Wu W, Dalal EN. *The CIEDE2000 color-difference formula: implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations*. Color research and application. 2005; 30(1): 21-30.
122. Perez Mdel M, Saleh A, Yebra A, Pulgar R. *Study of the variation between CIELAB delta E* and CIEDE2000 color-differences of resin composites*. Dent Mater J. 2007; 26(1): 21-8.
123. Lee YK. *Comparison of CIELAB ΔE^* and CIEDE2000 color-differences after polymerization and thermocycling of resin composites*. Dent Mater. 2005; 21(7): 678-82.

124. de Oliveira DC, Ayres AP, Rocha MG, Giannini M, PuppiniRontani RM, Ferracane JL, et al. *Effect of Different In Vitro Aging Methods on Color Stability of a Dental Resin-Based Composite Using CIELAB and CIEDE2000 Color-Difference Formulas*. J Esthet Restor Dent. 2015; doi: 10.1111/jerd.12155.
125. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. *Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging*. Dent Mater. 2004; 20(6): 530-4.
126. Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao CV. *Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins--an in vitro study*. J Dent. 2010; 38 (Suppl 2): e137-42.
127. Powers JM, Fan PL, Raptis CN. *Color stability of new composite restorative materials under accelerated aging*. J Dent Res. 1980; 59(12): 2071-4.
128. Papadopoulos T, Sarafianou A, Hatzikyriakos A. *Colour stability of veneering composites after accelerated aging*. Eur J Dent. 2010; 4(2): 137-42.
129. Nakamura T, Saito O, Mizuno M, Tanaka H. *Changes in translucency and color of particulate filler composite resins*. Int J Prosthodont. 2002; 15(5): 494-9.
130. Asmussen E. *An accelerated test for color stability of restorative resins*. Acta Odontol Scand. 1981; 39: 329-32.
131. Arregui M, Giner L, Ferrari M, Mercadé M. *Colour stability of self-adhesive flowable composites before and after storage in water*. Key Engineering Materials. 2015; 631(1): 143-50.
132. Schulze KA, Marshall SJ, Gansky SA, Marshall GW. *Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging*. Dent Mater. 2003; 19(7): 612-9.
133. Sarafianou A, Iosifidou S, Papadopoulos T, Eliades G. *Color stability and degree of cure of direct composite restoratives after accelerated aging*. Oper Dent. 2007; 32(4): 406-11.
134. Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC, Powers JM. *Color and translucency of A2 shade resin composites after curing, polishing and thermocycling*. Oper Dent. 2005; 30(4): 436-42.
135. Lee SH, Lee YK. *Effect of thermocycling on optical parameters of resin composites by the brand and shade*. Am J Dent. 2008; 21(6): 361-7.
136. Gürdal P, Akdeniz BG, Hakan Sen B. *The effects of mouthrinses on microhardness and colour stability of aesthetic restorative materials*. J Oral Rehabil. 2002; 29(9): 895-901.
137. Lee YK, El Zawahry M, Noaman KM, Powers JM. *Effect of mouthwash and accelerated aging on the color stability of esthetic restorative materials*. Am J Dent. 2000; 13(3): 159-61.
138. Anagnostou M, Chelioti G, Chioti S, Kakaboura A. *Effect of tooth-bleaching methods on gloss and color of resin composites*. J Dent. 2010; 38 (Suppl 2): e129-36.
139. Villalta P, Lu H, Okte Z, Garcia-Godoy F, Powers JM. *Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins*. J Prosthet Dent. 2006; 95(2): 137-42.
140. Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer JM. *Comparison of the color stability of ten new-generation composites: an in vitro study*. Dent Mater. 1994; 10(6): 353-62.
141. Ardu S, Braut V, Gutemberg D, Krejci I, Dietschi D, Feilzer AJ. *A long-term laboratory test on staining susceptibility of esthetic composite resin materials*. Quintessence Int. 2010; 41(8): 695-702.
142. Barutcgil Ç, Yildiz M. *Intrinsic and extrinsic discoloration of dimethacrylate and silorane based composites*. J Dent. 2012; 40 (Suppl 1): e57-63.
143. Erdemir U, Yildiz E, Eren MM. *Effects of sports drinks on color stability of nanofilled and microhybrid composites after long-term immersion*. J Dent. 2012; 40 (Suppl 2): e55-63.
144. Ayad NM. *Susceptibility of restorative materials to staining by common beverages: an in vitro study*. Eur J Esthet Dent. 2007; 2(2): 236-47.

145. 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. 2012; 40 (Suppl 1): e48-56.
146. Catelan A, Briso AL, Sundfeld RH, Goiato MC, dos Santos PH. *Color stability of sealed composite resin restorative materials after ultraviolet artificial aging and immersion in staining solutions*. J Prosthet Dent. 2011; 105(4): 236-41.
147. Arocha MA, Basilio J, Llopis J, Di Bella E, Roig M, Ardu S, Mayoral JR. *Colour stainability of indirect CAD-CAM processed composites vs. conventionally laboratory processed composites after immersion in staining solutions*. J Dent. 2014; 42(7): 831-8.
148. Ertaş E, Güler AU, Yücel AÇ, Köprülü H, Güler E. *Color stability of resin composites after immersion in different drinks*. Dent Mater J. 2006; 25(2): 371-6.
149. 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. 2009; 3(1): 50-6.
150. Dos Santos PA, Garcia PP, de Oliveira AL, Chinelatti MA, Palma-Dibb RG. *Chemical and morphological features of dental composite resin: influence of light curing units and immersion media*. Microsc Res Tech. 2010; 73(3): 176-81.
151. Ferracane JL. *Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks*. Dent Mater. 2006; 22(3): 211-22.
152. Göpferich A. *Mechanisms of polymer degradation and erosion*. Biomaterials. 1996; 17(2): 103-14.
153. Al Kheraif AA, Qasim SS, Ramakrishnaiah R, Rehman I. *Effect of different beverages on the color stability and degree of conversion of nano and microhybrid composites*. Dent Mater J. 2013; 32(2): 326-31.
154. Wasilewski Mde S, Takahashi MK, Kristen GA, se Souza EM. *Effect of cigarette smoke and whiskey on the color stability of dental composites*. Am J Dent. 2010; 23(1): 4-8.
155. Patel SB, Gordan VV, Barret AA, Shen C. *The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites*. J Am Dent Assoc. 2004; 135(5): 587-94.
156. Soares-Geraldo D, Scaramuci T, Steagall-Jr W, Braga SR, Sobral MA. *Interaction between staining and degradation of a composite resin in contact with colored foods*. Braz Oral Res. 2011; 25(4): 369-75.
157. Domingos PA, Garcia PP, Oliveira AL, Palma-Dibb RG. *Composite resin color stability: influence of light sources and immersion media*. J Appl Oral Sci. 2011; 19(3): 204-11.
158. Fujita M, Kawakami S, Noda M, Sano H. *Color change of newly developed esthetic restorative material immersed in food-simulating solutions*. Dent Mater J. 2006; 25(2): 352-9.
159. Park JK, Kim TH, Ko CC, Garcia-Godoy F, Kim HI, Kwon YH. *Effect of staining solutions on discoloration of resin nanocomposites*. Am J Dent. 2010; 23(1): 39-42.
160. Ergücü Z, Türkün LS, Aladag A. *Color stability of nanocomposites polished with one-step systems*. Oper Dent. 2008; 33(4): 413-20.
161. Samra AP, Pereira SK, Delgado LC, Borges CP. *Color stability evaluation of aesthetic restorative materials*. Braz Oral Res. 2008; 22(3): 205-10.
162. Mundim FM, Garcia Lda F, Pires-de-Souza Fde C. *Effect of staining solutions and repolishing on color stability of direct composites*. J Appl Oral Sci. 2010; 18(3): 249-54.
163. Falkensammer F, Arnetzl GV, Wildburger A, Freudenthaler J. *Color stability of different composite resin materials*. J Prosthet Dent. 2013; 109(6): 378-83.
164. Omata Y, Uno S, Nakaoki Y, Tanaka T, Sano H, Yoshida S, Sidhu SK. *Staining of hybrid composites with coffee, oolong tea, or red wine*. Dent Mater J. 2006; 25(1): 125-31.
165. Mutlu-Sagesen L, Ergün G, Özkan Y, Semiz M. *Color stability of a dental composite after immersion in various media*. Dent Mater J. 2005; 24(3): 382-90.

166. Vichi A, Fraioli A, Davidson CL, Ferrari M. *Influence of thickness on color in multi-layering technique*. Dent Mater. 2007; 23(12): 1584-9.
167. Ardu S, Gutemberg D, Krejci I, Feilzer AJ, Di Bella E, Dietschi D. *Influence of water sorption on resin composite color and color variation amongst various composite brands with identical shade code: an in vitro evaluation*. J Dent. 2011; 39 (Suppl 1): e37-44.
168. Çelik EU, Aladağ A, Türkün LŞ; Yilmaz G. *Color changes of dental resin composites before and after polymerization and storage in water*. J Esthet Restor Dent. 2011; 23(3): 179-88.
169. Tuncer D, Karaman E, Firat E. *Does the temperature of beverages affect the surface roughness, hardness, and color stability of a composite resin?* Eur J Dent. 2013; 7(2): 165-71.
170. Rahim TN, Mohamad D, Md Akil H, Ab Rahman I. *Water sorption characteristics of restorative dental composites immersed in acidic drinks*. Dent Mater. 2012; 28(6): e63-70.
171. Lee SY, Greener EH, Menis DL. *Detection of leached moieties from dental composites in fluids simulating food and saliva*. Dent Mater. 1995; 11(6): 348-53.
172. Turssi CP, Hara AT, Serra MC, Rodrigues Jr AL. *Effect of storage media upon the surface micromorphology of resin-based restorative materials*. J Oral Rehabil. 2002; 29(9): 864-71.
173. Örtengren U, Andersson F, Elgh U, Terselius B, Karlsson S. *Influence of pH and storage time on the sorption and solubility behaviour of three composite resin materials*. J Dent. 2001; 29(1): 35-41.
174. Örtengren U, Wellendorf H, Karlsson S, Ruyter IE. *Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment*. J Oral Rehabil. 2001; 28(12): 1106-15.
175. da Silva EM, Almeida GS, Poskus LT, Guimarães JG. *Relationship between the degree of conversion, solubility and salivary sorption of a hybrid and a nanofilled resin composite*. J Appl Oral Sci. 2008; 16(2): 161-6.
176. Borges BC, Souza-Jr EJ, Catelan A, Paulillo LA, Aguiar FH. *Can extended photoactivation time of resin-based fissure sealer materials improve ultimate tensile strength and decrease water sorption/solubility?* Eur J Dent. 2012; 6(4): 402-7.
177. Zhang Y, Xu J. *Effect of immersion in various media on the sorption, solubility, elution of unreacted monomers, and flexural properties of two model dental composite compositions*. J Mater Sci Mater Med. 2008; 19(6): 2477-83.
178. Anfe TE, Agra CM, Vieira GF. *Evaluation of sorption, solubility and staining of universal and silorane resin-based composites*. Eur J Prosthodont Restor Dent. 2011; 19(4): 151-4.
179. Martin N, Jedynakiewicz NM, Fisher AC. *Hygroscopic expansion and solubility of composite restoratives*. Dent Mater. 2003; 19(2): 77-86.
180. Berger SB, Paliolol AR, Cavalli V, Giannini M. *Characterization of water sorption, solubility and filler particles of light-cured composite resins*. Braz Dent J. 2009; 20(4): 314-8.
181. Janda R, Roulet JF, Latta M, Rüttermann S. *Water sorption and solubility of contemporary resin-based filling materials*. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2007; 82(2): 545-51.
182. ISO 4049 International Standard. *Dentistry Polymer-based restorative materials*, I.I. Standard, Editor. 2009.
183. Palin WM, Fleming GJ, Burke FJ, Marquis PM, Randall RC. *The influence of short and medium-term water immersion on the hydrolytic stability of novel low-shrink dental composites*. Dent Mater. 2005; 21(9): 852-63.

184. Scotti N, Comba A, Gambino A, Paolino DS, Alovise M, Pasqualini D, Berutti E. *Microleakage at enamel and dentin margins with a bulk fills flowable resin*. Eur J Dent. 2014; 8(1): 1-8.
185. de Santi Alvarenga FA, Pinelli C, Monteiro Loffredo Lde C. *Reliability of marginal microleakage assessment by visual and digital methods*. Eur J Dent. 2015; 9(1): 1-5.
186. Yamazaki PC, Bedran-Russo AK, Pereira PN, Swift Jr EJ. *Microleakage evaluation of a new low-shrinkage composite restorative material*. Oper Dent. 2006; 31(6): 670-6.
187. Aguiar FH, Santos AJ, França FM, Paulillo LA, Lovadino JR. *A quantitative method of measuring the microleakage of thermocycled or non-thermocycled posterior tooth restorations*. Oper Dent. 2003; 28(6): 793-9.
188. Ernst CP, Galler P, Willershausen B, Haller B. *Marginal integrity of class V restorations: SEM versus dye penetration*. Dent Mater. 2008; 24(3): 319-27.
189. Ernst CP, Canbek K, Euler T, Willershausen B. *In vivo validation of the historical in vitro thermocycling temperature range for dental materials testing*. Clin Oral Investig. 2004; 8(3): 130-8.
190. Youngson CC, Barclay CW. *A pilot study of intraoral temperature changes*. Clin Oral Investig. 2000; 4(3): 183-9.
191. Moore RJ, Watts JT, Hood JA, Burrit DJ. *Intra-oral temperature variation over 24 hours*. Eur J Orthod. 1999; 21(3): 249-61.
192. Musanje L, Darvell BW. *Aspects of water sorption from the air, water and artificial saliva in resin composite restorative materials*. Dent Mater. 2003; 19(5): 414-22.
193. West NX, Hughes JA, Addy M. *Erosion of dentine and enamel in vitro by dietary acids: the effect of temperature, acid character, concentration and exposure time*. J Oral Rehabil. 2000; 27(10): 875-80.
194. Sidhu SK, Carrick TE, McCabe JF. *Temperature mediated coefficient of dimensional change of dental tooth-colored restorative materials*. Dent Mater. 2004; 20(5): 435-40.
195. Sarrett DC, Coletti DP, Peluso AR. *The effects of alcoholic beverages on composite wear*. Dent Mater. 2000; 16(1): 62-7.
196. Versluis A, Douglas WH, Sakaguchi RL. *Thermal expansion coefficient of dental composites measured with strain gauges*. Dent Mater. 1996; 12(5): 290-4.
197. Kalachandra S. *Influence of fillers on the water sorption of composites*. Dent Mater. 1989; 5(4): 283-8.
198. Uchida H, Vaidyanathan J, Viswanadhan T, Vaidyanathan TK. *Color stability of dental composites as a function of shade*. J Prosthet Dent. 1998; 79(4): 372-7.
199. Park JW, Ferracane JL. *Water aging reverses residual stresses in hydrophilic dental composites*. J Dent Res. 2014; 93(2): 195-200.
200. Moszner N, Salz U, Zimmermann J. *Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review*. Dent Mater. 2005; 21(10): 895-910.
201. Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. *Hygroscopic expansion kinetics of dental resin-composites*. Dent Mater. 2014; 30(2): 143-8.

11.RESUMEN

Objetivo: Determinar la relación que existe entre el cambio del color de 9 composites fluidos: 4 de nanopartículas (Filtek Supreme XTE, Tetric EvoFlow, Venus Diamond Flow y Premise Flowable); 4 composites en bloque (Filtek Bulk Fill, SDR, Venus Bulk Fill y Sonic Fill) y 1 autoadhesivo (Vertise Flow), con la absorción de agua y solubilidad de los mismos y la relación entre el cambio del color y la exposición a 5 sustancias pigmentantes (Coca-Cola®, café, té, vino tinto y zumo de naranja) a diferentes temperaturas (5°C, 37°C y 60°C).

Material y métodos: en total se prepararon 1080 muestras que se dividieron en dos estudios: 1. Cambio de color ($n = 810$ discos; 90 por cada composite) y 2. Absorción de agua y solubilidad ($n = 270$ discos; 90 por cada composite).

Estudio 1. Cambio de color. Las 90 muestras de cada composite se subdividieron en 3 grupos en función de la temperatura ($n=15$) 5°C, 37°C y 60°C y a su vez cada uno de estos grupos se dividió en 6 grupos según las sustancias pigmentantes ($n=5$) agua destilada, Coca-Cola®, café, té, vino tinto y zumo de naranja. El color se midió al inicio, 1, 2, 3, 4 semanas, 3 y 6 meses y se calculó el cambio de color (ΔE).

Estudio 2. Absorción de agua y solubilidad. Las 90 muestras de cada composite se dividieron en 6 grupos en función de los tiempos de estudio ($n=5$) 1, 2, 3, 4 semanas, 3 y 6 meses. El proceso de secado – absorción – desecado de las muestras se realizó siguiendo la normativa ISO 4049:2009.

Análisis estadístico: Los datos se analizaron mediante un análisis ANOVA Multifactorial de medidas repetidas con dos interacciones y un test *post-hoc* de Fisher. En el estudio de absorción de agua también se realizó una correlación de Pearson para determinar la relación entre el cambio de color y la absorción de agua y la solubilidad.

Resultados: mediante el análisis ANOVA Multifactorial de medidas repetidas no se observaron diferencias estadísticamente significativas en las interacciones composites – sustancias pigmentantes; composites – tiempo y composites – temperatura (p valor <0.001) ni tampoco cuando se realizaron las mismas interacciones a las diferentes temperaturas. De forma global el composite que menos cambió de color fue Filtek Supreme XTE ($\Delta E = 8.67 \pm 9.57$) y el que más cambió fue Venus Bulk Fill ($\Delta E = 18.60 \pm 15.29$). Según las diferentes temperaturas observamos que a 5°C el composite que menos cambió fue Premise Flowable ($\Delta E = 3.73 \pm 2.83$) y el que más fue Venus Bulk Fill ($\Delta E = 11.26 \pm 8.02$); a 37°C Filtek Supreme XTE ($\Delta E = 7.58 \pm 5.92$) fue el material que menos cambió de color y el que más fue Venus Bulk Fill ($\Delta E = 19.99 \pm 14.46$); y a 60°C el que

menos cambió de color fue Vertise Flow ($\Delta E=13.86\pm 13.32$) y el que más Venus Bulk Fill ($\Delta E=24.54\pm 18.37$). El potencial de tinción de las sustancias de mayor a menor fue: vino tinto>café>té>zumo de naranja>Coca-Cola®> agua destilada. En cuanto a la absorción de agua y la solubilidad el análisis ANOVA Multifactorial de medidas repetidas con dos interacciones también se observaron diferencias estadísticamente significativas en la interacción con el tiempo (p valor <0.001). El composite con niveles más bajos de absorción de agua fue Sonic Fill ($W_S=12.53\pm 3.16$) y el que más fue Vertise Flow ($W_S=69.10\pm 7.19$) y en solubilidad Venus Bulk Fill ($W_L=0.22\pm 2.69$) el que obtuvo los menores niveles y Vertise Flow ($W_L=11.20\pm 10.76$) el que más. En cuanto a la Correlación de Pearson mostró una correlación positiva estadísticamente significativa entre la absorción de agua y la solubilidad ($r=0.569$, $p<0.005$). También se encontró una correlación positiva entre la absorción de agua y ΔE ($r=0.059$, $p=0.338$) y entre solubilidad y ΔE ($r=0.039$, $p=0.528$), pero estadísticamente estos valores no fueron significativos.

Conclusiones: existe una relación entre la absorción de agua y el cambio de color de los composites, pero este parámetro no es el factor principal, sino que es uno más dentro de un problema multifactorial en el que también deben tenerse en cuenta otros como son la temperatura, el pH, la selección adecuada del color inicial del material, la rugosidad superficial y los pigmentos.

Aim: Determine the relationship between the colour change and their water sorption and solubility of 9 flowable composites: 4 nanohybrid composites (Filtek Supreme XTE, Tetric EvoFlow, Venus Diamond Flow y Premise Flowable), 4 bulk fill (Filtek Bulk Fill, SDR, Venus Bulk Fill y Sonic Fill), and 1 self-adhesive (Vertise Flow), as well as the relationship between the colour change and exposure to 5 staining solutions (Coca-Cola®, coffee, tea, red wine and orange juice) at different temperatures (5 °C, 37 °C and 60 °C).

Material and methods: 1,080 samples were prepared and divided into two studies: 1. Colour change ($n = 810$ discs; 90 per composite) and 2. Water sorption and solubility ($n = 270$; 90 per composite).

Study 1. Colour change. 90 samples of each composite were subdivided into 3 groups according to temperature ($n = 15$) 5 °C, 37 °C and 60 °C, and in turn each of these groups was divided into 6 groups according to staining solutions ($n = 5$) distilled water, Coca-Cola®, coffee, tea, red wine and orange juice. Colour was measured at baseline, 1, 2, 3, 4 weeks, 3 and 6 months and subsequently colour change (ΔE) was calculated.

Study 2. Water sorption and solubility. 90 samples of each composite were divided into 6 groups according to study times ($n = 5$) 1, 2, 3, 4 weeks, 3 and 6 months. Desorption – absorption – desorption cycle of the samples was performed according to the ISO standard 4049:2009.

Statistical analysis. Data were analysed with two–way repeated measures analysis of variance (ANOVA) and the Fisher *post-hoc* test. A Pearson correlation was used to establish the relationship between colour change, water sorption and solubility in the water sorption study.

Results: no statistically significant differences were observed by two-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) in the interactions: composites – staining solutions; composites – times; and composites – temperature (p value < 0.001), nor when the same interactions were performed at different temperatures. Overall Filtek Supreme XTE ($\Delta E = 8.67 \pm 9.57$) showed the least colour change, whereas Venus Bulk Fill ($\Delta E = 18.60 \pm 15.29$) showed the most. Of all the different temperatures studied, we observed that at 5 °C Premise Flowable ($\Delta E = 3.73 \pm 2.83$) underwent the least change, while Venus Bulk Fill ($\Delta E = 11.26 \pm 8.02$) underwent the most; at 37 °C Filtek Supreme XTE ($\Delta E = 7.58 \pm 5.92$) showed the least colour change, whereas Venus Bulk Fill ($\Delta E = 19.99 \pm 14.46$) showed the most; and at 60 °C Vertise Flow ($\Delta E = 13.86 \pm 13.32$) underwent the least colour change and Venus Bulk Fill ($\Delta E = 24.54 \pm 18.37$) underwent the most. The

staining potential of solutions from more to less was: red wine > coffee > tea > orange juice > Coca-Cola® > distilled water. In terms of water sorption and solubility, the 2 –way repeated measures analysis of variance (ANOVA) also identified statistically significant differences in interaction over time (p value <0.001). Sonic Fill ($W_s=12.53\pm 3.16$) had the lowest levels of water sorption and Vertise Flow ($W_s=69.10\pm 7.19$) had the highest, while in solubility Venus Bulk Fill ($W_l=0.22\pm 2.69$) scored the lowest levels and Vertise FLOW ($W_l=11.20\pm 10.76$) showed the highest. Pearson's correlations showed a positive statistically significant relationship between water sorption and solubility ($r=0.569$, $p<0.005$). A positive correlation that was statistically non-significant was also found between water sorption and ΔE ($r=0.059$, $p=0.338$) and between solubility and ΔE ($r=0.039$, $p=0.528$).

Conclusions: A relationship is observed between water sorption and colour change of composites, although this parameter is not the main factor, but one of several in a multifactorial problem in which others, such as temperature, pH, surface roughness and pigments, as well as a correct choice of the materials in terms of colour, must also be taken in account.

ANEXOS

I. Carta aprobació del projecte de Tesis.



Sra. **María Arregui Gambús**

Benvolgut Sr.

Per la present, li comunico que la Comissió Acadèmica del Doctorat en odontologia, en la seva sessió del **23 de novembre del 2012**, i un cop estudiada la seva sol·licitud ha acordat:

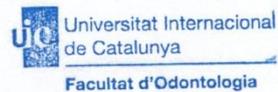
S'acorda admetre a la Sra María Arregui Gambús al Període de Recerca del Doctorat en Odontologia.

S'acorda aprovar el Projecte de Tesis titulat "Estabilidad del color y absorción de agua de los composites fluidos convencionales y los nuevos composites autoadhesivos y de baja contracción sometidos a diferentes temperaturas y sustancias pigmentantes" i nomenar la Dra. Montserrat Mercadé i Bellido com a Director de la Tesis.

Adicionalment, s'informa que la normativa de la UIC estableix que cal obtenir una avaluació favorable del Comitè d'Ètica en la Recerca, abans de la posada en marxa de la investigació. Haurà d'aportar aquest informe quan l'obtingui.

Aprofito l'avinentsa per saludar-la cordialment,

Dra Montserrat Mercadé i Bellido
Coordinadora Comissió Acadèmica de Doctorat en Odontologia
Facultat d'Odontologia



Sant Cugat del Vallès, 23 de novembre del 2012

II. Carta aprobació del estudi per part del Comitè Ètic de Investigació (CER).



CARTA APROVACIÓ DIRECTA PROJECTE PEL CER

Codi de l'estudi: PRT-ELM-2011-02

Versió del protocol: 1.0

Data de la versió: 18/12/12

Títol: "Estabilidad del color y absorción de agua de los composites fluidos convencionales y los nuevos composites autoadhesivos y de baja contracción sometidos a diferentes temperaturas y sustancias pigmentantes"

Sant Cugat del Vallès, 15 de gener de 2013

Investigadora: Maria Arregui Gambús

Títol de l'estudi: "Estabilidad del color y absorción de agua de los composites fluidos convencionales y los nuevos composites autoadhesivos y de baja contracción sometidos a diferentes temperaturas y sustancias pigmentantes"

Benvolgut(da),

Valorat el projecte presentat, el CER de la Universitat Internacional de Catalunya, considera que, el contingut de la investigació, no implica cap inconvenient relacionat amb la dignitat humana, respecte als animals, ni atempta contra el medi ambient, ni té conflictes econòmics i d'interessos.

Per aquests motius, el Comitè d'Ètica de Recerca, **RESOLT FAVORABLEMENT**, emetre aquest **CERTIFICAT D'APROVACIÓ**, per que pugui ser presentat a les instàncies que així ho requereixin.

Em permeto recordar-li que si en el procés d'execució es produís algun canvi significatiu en els seus plantejaments, hauria de ser sotmès novament a la revisió i aprovació del CER.

Atentament,



Dr. Josep Argemí
President CER-UIC

III. Carta estancia en la Universita' degli studi di Siena (Italia).



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI SIENA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ODONTOSTOMATOLOGICHE E
OFTALMOLOGICHE
Direttore: Prof. Marco Ferrari

Siena, 24.07.2012

To whom it my concern

This letter hereby certifies that María Arregui Gambús undertook two stays (from 1st May to 9th July 2011 and 16th June to 25th July 2012) as a visiting PhD student in the Department of Dental Sciences at the Università' Degli Studi di Siena.

During her time here, María Arregui conducted research on colour stability of flowable self-adhesive composites and performed a number of tasks in our laboratory including the testing of Shear Bond Strength on enamel and dentin with self-adhesive flowable composite; Microtensile Bond Strength of GAM200 luted onlays versus Maxcem Elite and Microleakage of class II restorations; and Microtensile bond strength to dentine of bulk fill composite Xenius.

Ms Arregui demonstrated a particular predisposition to all the work assigned to her, repeating tasks whenever necessary, and she learnt the techniques to perform these and other studies such as push out.

Best Regards
Prof. Marco Ferrari



V. Tabla 22. Resultados cambios de color (ΔE (desviación estándar)) de los composites en función del tiempo a 5°C.

		Cambio de color (ΔE)					
Solución	Composite	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Pigmentante							
Agua Destilada	FBF	0.71(0.34) ^{ab}	0.71(0.31) ^{ab}	0.90(0.36) ^{ab}	1.03(0.31) ^{abc}	1.44(0.51) ^{ab}	1.97(0.71) ^b
	SDR	1.82(1.10) ^d	1.86(1.32) ^d	1.90(1.26) ^d	2.20(1.33) ^d	2.29(1.02) ^f	3.13(1.56) ^f
	VBF	2.48(0.98) ^e	3.03(1.60) ^e	3.06(1.37) ^e	3.08(1.49) ^e	3.13(1.33) ^d	3.16(1.27) ^f
	SF	0.56(0.43) ^a	0.80(0.29) ^{ab}	0.82(0.26) ^{ab}	0.98(0.31) ^{ab}	1.43(0.41) ^{ab}	1.62(0.50) ^{ab}
	FSXT	1.13(0.52) ^{bc}	1.21(0.80) ^{abc}	1.23(0.80) ^{bc}	1.24(0.59) ^{bc}	1.32(0.49) ^{ab}	1.33(0.70) ^a
	TEF	0.64(0.29) ^a	0.66(0.24) ^a	0.83(0.26) ^{ab}	0.92(0.28) ^{ab}	1.15(0.48) ^{ab}	1.21(0.36) ^a
	VDF	1.44(0.47) ^{cd}	1.49(0.53) ^{cd}	1.51(0.36) ^{cd}	1.57(0.68) ^f	1.58(0.48) ^b	1.60(0.52) ^{ab}
	PF	1.26(0.66) ^f	1.29(0.87) ^{bcd}	1.33(0.61) ^{bc}	1.34(0.69) ^{bc}	1.53(0.80) ^b	1.55(0.71) ^{ab}
	VF	0.56(0.52) ^a	0.60(0.49) ^a	0.62(0.33) ^a	0.65(0.36) ^a	0.98(0.47) ^a	1.38(0.46) ^{ab}
Café	FBF	5.20(0.53) ^{de}	6.89(0.70) ^{de}	7.68(0.83) ^{de}	8.37(0.88) ^{de}	18.70(1.22) ^{de}	20.84(2.19) ^{de}
	SDR	10.87(2.38) ^{fa}	10.94(1.70) ^{ea}	12.22(1.75) ^{ea}	13.56(1.93) ^{ea}	15.63(2.10) ^{fa}	17.10(2.18) ^{ea}
	VBF	15.46(1.69) ^{ga}	15.57(1.33) ^{fa}	17.23(1.91) ^{fa}	19.10(1.69) ^{fa}	24.22(1.49) ^{ga}	25.83(1.57) ^{ga}
	SF	6.44(0.95) ^{de}	7.41(1.38) ^{cd}	8.63(1.21) ^{cd}	9.67(1.21) ^{cd}	13.91(2.20) ^{ea}	15.75(2.05) ^{de}
	FSXT	3.59(1.12) ^{ab}	3.63(0.76) ^{ab}	3.93(0.66) ^{ab}	4.33(0.90) ^{ab}	6.44(1.17) ^{ab}	6.77(0.73) ^{ab}
	TEF	3.82(0.35) ^{bc}	4.16(0.43) ^{abc}	5.67(0.53) ^{bc}	5.82(0.65) ^{bc}	9.36(1.09) ^{bc}	11.35(1.10) ^b
	VDF	7.30(0.95) ^{de}	7.92(1.00) ^{de}	8.94(1.28) ^{de}	9.76(1.60) ^{de}	12.47(1.06) ^{de}	12.93(1.39) ^c
	PF	4.57(1.49) ^{cd}	4.61(1.45) ^{bc}	5.24(1.41) ^b	5.83(1.46) ^b	7.18(2.56) ^{ab}	7.40(1.72) ^{ab}
	VF	2.89(0.38) ^a	3.56(0.46) ^{ab}	3.83(0.44) ^{ab}	4.05(0.53) ^{ab}	10.83(0.81) ^{cd}	10.98(0.77) ^b
Coca-Cola	FBF	1.06(0.32) ^a	1.12(0.34) ^a	1.11(0.42) ^{abc}	1.13(0.46) ^{ab}	1.51(0.52) ^{cd}	2.01(0.47) ^{cd}
	SDR	5.11(0.88) ^{de}	4.60(1.50) ^{cd}	3.43(1.08) ^{de}	2.80(0.78) ^d	2.94(0.72) ^e	2.46(0.57) ^d
	VBF	6.74(0.81) ^{de}	6.37(2.00) ^{de}	5.67(1.58) ^{de}	3.95(0.76) ^{de}	5.39(1.20) ^{fa}	6.24(0.96) ^{de}
	SF	1.07(0.28) ^a	1.08(0.41) ^a	1.09(0.36) ^{abc}	1.16(0.31) ^{ab}	1.33(0.28) ^{bc}	2.13(1.48) ^{cd}
	FSXT	2.01(1.11) ^b	2.26(0.90) ^b	1.39(0.63) ^{bc}	2.23(1.45) ^c	1.54(0.75) ^{cd}	1.28(0.45) ^{ab}
	TEF	0.82(0.38) ^a	0.83(0.32) ^a	0.85(0.28) ^a	0.87(0.28) ^a	0.95(0.23) ^a	1.21(0.31) ^{ab}
	VDF	1.84(0.90) ^b	1.27(0.55) ^a	1.63(0.93) ^c	1.60(0.51) ^b	1.86(0.55) ^d	1.86(0.42) ^c
	PF	0.69(0.38) ^a	1.29(0.81) ^a	0.95(0.40) ^{ab}	1.13(0.72) ^{ab}	0.99(0.42) ^{ab}	0.84(0.25) ^a
	VF	0.70(0.51) ^a	0.74(0.63) ^a	0.77(0.45) ^a	0.79(0.51) ^a	0.80(0.42) ^a	1.62(0.65) ^{bc}
Té	FBF	4.80(1.01) ^{de}	6.24(1.25) ^{de}	6.37(1.27) ^{de}	6.45(1.17) ^{de}	10.39(1.62) ^{de}	14.44(2.41) ^{de}
	SDR	9.69(1.43) ^{fa}	9.60(1.77) ^{fa}	9.52(2.12) ^{de}	10.00(2.32) ^{de}	10.30(2.73) ^{de}	9.55(1.74) ^{de}
	VBF	12.14(1.28) ^{ga}	13.03(1.27) ^{ga}	13.72(1.28) ^{ga}	13.28(1.19) ^{ga}	14.73(0.89) ^{ga}	14.82(1.12) ^{ga}
	SF	5.96(0.80) ^{de}	5.99(0.94) ^{de}	6.70(0.83) ^c	6.71(0.94) ^c	7.38(1.04) ^c	7.91(1.02) ^c
	FSXT	3.63(0.74) ^{ab}	4.06(0.91) ^{bc}	4.09(0.96) ^b	4.49(1.00) ^{bc}	5.40(0.98) ^{bc}	5.77(1.00) ^{bc}
	TEF	2.26(0.50) ^a	2.57(0.67) ^a	2.77(0.49) ^a	3.02(0.50) ^a	4.63(1.19) ^{ab}	4.69(0.99) ^a
	VDF	7.10(0.62) ^{de}	6.85(0.47) ^{de}	6.25(0.99) ^{de}	6.66(1.04) ^{de}	6.92(0.85) ^{de}	6.26(0.63) ^{de}
	PF	4.08(0.71) ^{bc}	3.40(0.79) ^{bc}	3.74(0.95) ^b	4.02(1.23) ^{bc}	3.92(0.64) ^{bc}	4.08(0.60) ^{bc}
	VF	2.25(0.48) ^a	2.79(0.45) ^{ab}	2.90(0.56) ^a	2.95(0.38) ^a	4.75(0.59) ^{ab}	5.84(0.96) ^{bc}
Vino Tinto	FBF	12.65(1.81) ^{de}	13.03(1.64) ^{de}	13.73(1.17) ^{de}	15.86(1.62) ^{de}	15.94(1.00) ^{de}	23.30(2.66) ^{de}
	SDR	10.05(1.63) ^{cd}	13.96(2.71) ^{de}	14.38(2.67) ^{de}	15.46(2.94) ^{de}	16.87(1.76) ^{de}	19.82(1.57) ^{de}
	VBF	17.46(1.58) ^{ga}	19.87(2.75) ^{ga}	20.44(2.41) ^{fa}	22.54(1.89) ^{fa}	23.06(2.14) ^{ga}	27.72(1.85) ^{fa}
	SF	17.20(3.64) ^{ga}	17.48(2.52) ^{cd}	17.69(2.55) ^{ga}	20.01(2.71) ^{ga}	22.37(3.28) ^{ga}	26.42(2.93) ^{fa}
	FSXT	7.95(1.54) ^{bc}	8.75(2.03) ^{ab}	8.84(1.91) ^{ab}	9.58(2.15) ^{ab}	10.25(2.12) ^{bc}	11.79(2.06) ^{bc}
	TEF	10.04(2.41) ^{cd}	9.14(1.75) ^{ab}	9.15(0.84) ^b	11.09(1.82) ^{bc}	15.44(1.32) ^{de}	16.94(2.29) ^{cd}
	VDF	11.07(2.49) ^{cd}	13.64(3.18) ^b	12.05(3.20) ^{de}	12.27(3.40) ^{cd}	10.94(2.94) ^{bc}	13.29(3.04) ^b
	PF	6.15(1.34) ^{ab}	8.33(2.09) ^{ab}	7.65(1.28) ^a	8.12(1.57) ^a	8.27(1.54) ^a	9.44(1.41) ^{ab}
	VF	7.91(1.30) ^{bc}	9.07(1.49) ^{ab}	9.66(1.14) ^b	10.87(1.55) ^{bc}	13.78(1.33) ^{cd}	20.76(1.43) ^{de}
Zum de naranja	FBF	1.26(0.52) ^{ab}	1.92(0.57) ^d	2.31(0.68) ^{de}	2.55(0.58) ^e	6.02(0.90) ^{de}	7.28(1.05) ^{fa}
	SDR	1.49(0.35) ^b	2.11(0.65) ^d	2.72(0.38) ^e	3.15(0.59) ^f	4.48(0.93) ^{fa}	4.85(0.56) ^{de}
	VBF	3.54(2.81) ^{ga}	3.56(1.85) ^{ea}	3.65(2.31) ^{fa}	3.68(1.75) ^{fa}	3.79(1.48) ^{de}	4.72(1.69) ^{de}
	SF	1.34(0.55) ^{ab}	1.60(0.67) ^{cd}	1.68(0.77) ^{bcd}	1.89(0.76) ^{cd}	3.93(0.85) ^{de}	5.24(0.79) ^{ea}
	FSXT	1.08(0.46) ^{ab}	1.17(0.24) ^{abc}	1.61(0.46) ^{bc}	1.72(0.49) ^{bcd}	3.17(0.47) ^c	5.15(0.40) ^{de}
	TEF	0.81(0.33) ^a	1.15(0.32) ^{ab}	1.24(0.27) ^{ab}	1.38(0.22) ^{bc}	3.35(0.31) ^{cd}	4.17(0.38) ^{bc}
	VDF	0.79(0.67) ^{ab}	0.92(0.45) ^{ab}	1.05(0.53) ^{ab}	1.18(0.49) ^{ab}	2.16(0.58) ^b	3.88(0.39) ^{bc}
	PF	1.21(0.76) ^{ab}	1.29(0.37) ^{bc}	1.86(0.54) ^{cd}	2.05(0.87) ^{de}	3.04(0.33) ^c	4.61(0.44) ^{cd}
	VF	0.67(0.34) ^a	0.67(0.38) ^a	0.67(0.38) ^a	0.69(0.50) ^a	1.01(0.46) ^a	1.60(0.64) ^a

T1: semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: meses; T6: 6 meses. FBF: Filtek Bulk Fill; SDR: Surefill SDR; VBF: Venus Bulk Fill; SF: SonicFill; FSXT: Filtek Supreme XTE; TEF: Tetric EvoFlow; PF: Premise Flowable; VDF: Venus Diamond Flow; VF: Vertise Flow.

Tabla 22. Resultados cambios de color (ΔE (desviación estándar)) de los composites de estudio en función del tiempo a 5°C. Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). * Indica valores clínicamente inaceptables ($\Delta E > 3.3$). El sombreado gris indica el composite que menos cambio de color para cada tiempo.

VI. Tabla 23. Resultados cambio de color (ΔE (desviación estándar)) de los composites en función del tiempo a 37°C.

		Cambio de color (ΔE)					
Solución	Composite	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Agua Destilada	FBF	0.73(0.38) ^a	0.74(0.38) ^a	0.75(0.38) ^a	0.75(0.30) ^a	0.86(0.33) ^a	0.83(0.22) ^a
	SDR	1.44(0.98) ^{bc}	1.44(0.80) ^c	2.05(0.79) ^{cd}	2.06(1.29) ^{def}	2.09(0.89) ^{bcd}	2.10(0.45) ^{bcd}
	VBF	5.17(1.36) ^{ea}	3.63(0.54) ^{ea}	4.90(2.34) ^{ea}	3.20(0.56) ^{ef}	4.31(1.37) ^{ea}	4.75(1.08) ^{ea}
	SF	1.26(0.45) ^{ab}	1.89(0.45) ^{de}	1.92(0.39) ^{cd}	1.94(0.42) ^{de}	1.97(0.66) ^{bcd}	1.98(0.49) ^{bc}
	FSXT	0.93(0.35) ^{ab}	0.95(0.35) ^{ab}	0.98(0.64) ^{ab}	1.11(0.55) ^{ab}	1.58(0.60) ^b	1.68(0.37) ^b
	TEF	1.23(0.61) ^{ab}	1.33(0.54) ^{bc}	1.54(0.49) ^{bc}	1.54(0.45) ^{bc}	1.76(0.43) ^{bc}	1.95(0.39) ^{bc}
	VDF	2.44(0.28) ^d	2.45(0.31) ^f	2.47(0.40) ^d	2.48(0.38) ^f	2.49(0.56) ^d	2.50(0.71) ^{de}
	PF	1.38(0.96) ^b	1.62(1.16) ^{cd}	1.64(0.90) ^{bc}	1.69(0.92) ^{cd}	2.15(0.74) ^{cd}	2.29(0.52) ^{cd}
	VF	1.95(0.64) ^{cd}	2.16(0.42) ^{ef}	2.18(0.45) ^{cd}	2.28(0.63) ^{ef}	2.35(0.73) ^d	2.80(0.72) ^e
Café	FBF	15.61(0.82) ^{dt}	19.01(0.78) ^{dt}	21.66(0.82) ^{ct}	23.20(0.93) ^{dt}	27.58(0.93) ^{ct}	29.95(0.77) ^{dt}
	SDR	18.93(1.60) ^{ea}	23.72(2.05) ^{ea}	25.55(1.91) ^{dt}	27.52(2.15) ^{ea}	34.45(2.00) ^{dt}	34.53(2.80) ^{ea}
	VBF	24.86(1.75) ^{ea}	30.55(2.05) ^{ea}	33.37(2.05) ^{fa}	35.58(2.03) ^{ea}	41.41(1.91) ^{fa}	41.63(1.51) ^{ea}
	SF	11.93(0.81) ^{ct}	14.45(1.11) ^{ct}	16.30(1.07) ^{ba}	17.18(0.82) ^{ct}	22.30(1.24) ^{ba}	25.08(1.03) ^{ca}
	FSXT	8.72(0.99) ^{ab}	11.71(1.33) ^{ab}	14.50(1.34) ^{ab}	15.63(1.09) ^{ab}	19.49(1.54) ^{ab}	19.52(2.46) ^{ab}
	TEF	11.09(1.32) ^{bc}	13.39(1.07) ^{ba}	15.55(1.44) ^{ba}	16.37(1.27) ^{bc}	20.39(1.45) ^{ab}	24.90(1.90) ^{ca}
	VDF	20.40(1.09) ^{fa}	25.07(0.86) ^{fa}	28.62(0.83) ^{fa}	30.76(0.80) ^{fa}	37.61(1.31) ^{fa}	38.20(0.92) ^{fa}
	PF	10.58(1.23) ^{ba}	14.16(1.01) ^{bc}	16.16(0.95) ^{ba}	17.16(1.14) ^{ct}	23.37(2.61) ^{ba}	23.38(2.78) ^{ba}
	VF	9.05(0.87) ^{ab}	12.09(0.76) ^{ab}	14.37(0.68) ^{ab}	15.42(0.81) ^{ab}	20.23(0.94) ^{ab}	25.67(1.14) ^{ca}
Coca-Cola	FBF	2.11(0.50) ^{bcd}	2.25(0.54) ^{bcd}	2.26(0.44) ^{bc}	2.27(0.35) ^{bcd}	2.79(0.37) ^a	2.95(0.65) ^d
	SDR	4.15(0.91) ^{ea}	3.59(0.84) ^{ea}	3.41(1.05) ^{dt}	3.14(0.91) ^e	2.50(0.50) ^{de}	2.85(0.38) ^d
	VBF	10.224(1.17) ^{fa}	8.02(2.84) ^{fa}	8.99(2.59) ^{ea}	6.23(1.93) ^{fa}	4.52(1.09) ^{fa}	3.89(1.08) ^{ea}
	SF	2.75(0.44) ^d	2.76(0.37) ^d	2.79(0.44) ^{cd}	2.81(0.48) ^{de}	2.82(0.31) ^e	2.97(0.56) ^d
	FSXT	1.46(0.96) ^{abc}	1.53(0.66) ^{ab}	1.58(0.87) ^{ab}	1.61(0.97) ^{ab}	1.73(0.74) ^{ab}	1.76(0.63) ^b
	TEF	0.76(0.26) ^a	0.99(0.31) ^a	1.23(0.41) ^a	1.32(0.35) ^a	2.24(0.76) ^{cd}	2.25(0.21) ^c
	VDF	2.43(0.66) ^{cd}	2.53(0.80) ^{cd}	2.06(0.74) ^{bc}	2.38(0.92) ^{cd}	1.34(0.39) ^a	1.18(0.33) ^a
	PF	1.28(0.58) ^{ab}	1.75(1.05) ^{abc}	1.92(0.66) ^{ab}	1.95(0.64) ^{abc}	2.04(0.54) ^{abc}	2.22(0.46) ^{cd}
	VF	1.63(0.55) ^{abc}	1.85(0.62) ^{bc}	1.95(0.68) ^{ab}	1.96(0.65) ^{abc}	1.97(0.71) ^{bc}	2.35(0.84) ^c
Té	FBF	16.21(1.10) ^{de}	22.42(1.72) ^{ea}	28.12(2.20) ^{fa}	31.03(2.21) ^{fa}	34.65(2.09) ^{ea}	36.97(1.65) ^{fa}
	SDR	13.10(0.90) ^{ca}	15.29(1.30) ^{da}	17.30(1.45) ^{dt}	18.27(1.15) ^{dt}	21.84(1.29) ^{ca}	23.74(1.29) ^{ca}
	VBF	22.79(4.26) ^{fa}	28.94(3.05) ^{fa}	32.32(2.05) ^{fa}	33.04(1.63) ^{fa}	38.77(1.23) ^{fa}	40.81(1.20) ^{fa}
	SF	13.66(1.20) ^{cd}	16.58(1.03) ^{da}	17.98(0.79) ^{dt}	18.78(0.87) ^{dt}	22.71(0.97) ^{ca}	28.24(1.08) ^{da}
	FSXT	6.39(1.03) ^{ab}	8.04(1.55) ^{ba}	9.47(1.79) ^{ba}	10.26(1.84) ^{ba}	14.28(2.72) ^{ba}	16.59(3.23) ^{ba}
	TEF	17.53(3.17) ^{ea}	22.92(2.45) ^{ea}	25.32(2.43) ^{ea}	26.78(2.61) ^{ea}	31.46(2.75) ^{ea}	31.88(2.38) ^{ea}
	VDF	22.51(11.45) ^{fa}	27.89(8.12) ^{fa}	30.55(6.30) ^{fa}	32.18(5.60) ^{fa}	38.68(2.25) ^{fa}	41.35(1.33) ^{fa}
	PF	8.11(0.70) ^{ba}	11.79(0.90) ^{ca}	14.16(1.08) ^{ca}	15.58(0.91) ^{ca}	19.23(0.94) ^{ba}	21.04(0.94) ^{ba}
	VF	3.95(1.06) ^{ab}	4.14(1.00) ^{ab}	4.83(0.90) ^{ab}	8.17(0.94) ^{ab}	14.55(1.00) ^{ab}	21.73(1.57) ^{ba}
Vino Tinto	FBF	20.76(1.89) ^{de}	24.50(1.90) ^{ea}	29.20(2.01) ^{fa}	29.44(2.16) ^{ea}	39.42(1.60) ^{fa}	42.83(1.22) ^{fa}
	SDR	18.28(1.45) ^{ca}	23.77(1.46) ^{ea}	27.64(1.94) ^{ea}	30.70(2.40) ^{fa}	43.24(2.79) ^{fa}	48.33(2.07) ^{fa}
	VBF	20.94(1.21) ^{de}	25.11(3.23) ^{fa}	29.87(1.19) ^{eb}	32.79(1.11) ^{fa}	40.58(1.00) ^{fa}	44.30(0.92) ^{fa}
	SF	9.95(0.90) ^{ba}	12.20(0.92) ^{ca}	14.49(1.37) ^{ca}	14.98(1.00) ^{ca}	25.83(2.37) ^{ca}	29.61(1.92) ^{ca}
	FSXT	6.50(0.89) ^{ab}	7.44(1.35) ^{ab}	8.45(1.13) ^{ab}	9.40(1.51) ^{ab}	12.96(1.46) ^{ab}	16.88(1.71) ^{ab}
	TEF	20.80(1.20) ^{de}	25.58(2.59) ^{ea}	28.09(1.17) ^{ea}	30.20(1.16) ^{ea}	34.81(0.90) ^{ea}	37.79(1.01) ^{ea}
	VDF	20.44(1.33) ^{dt}	26.59(1.59) ^{ea}	30.94(1.63) ^{ha}	34.22(1.80) ^{ha}	42.66(1.48) ^{ha}	45.18(0.96) ^{fa}
	PF	6.17(0.98) ^{ab}	8.83(1.08) ^{ab}	10.61(1.21) ^{ba}	12.22(1.32) ^{ba}	17.75(1.43) ^{ba}	22.94(1.51) ^{ba}
	VF	21.61(1.40) ^{ea}	21.63(1.07) ^{da}	21.64(1.86) ^{da}	21.65(1.13) ^{da}	22.15(8.25) ^{ca}	23.96(2.16) ^{ba}
Zumo de naranja	FBF	4.59(0.67) ^{ca}	8.67(0.67) ^{fa}	10.56(0.66) ^{fa}	11.77(0.65) ^{ea}	18.41(0.80) ^{fa}	21.14(0.98) ^{ea}
	SDR	4.49(0.70) ^{ca}	6.80(0.77) ^{ea}	6.95(0.78) ^{ea}	7.82(0.96) ^{ea}	11.21(0.72) ^{ca}	15.75(1.05) ^{da}
	VBF	5.68(0.94) ^{ea}	5.39(1.87) ^{ca}	5.65(0.80) ^{ca}	6.60(0.88) ^{ea}	11.52(0.67) ^{da}	19.36(0.76) ^{fa}
	SF	5.10(0.60) ^{ca}	6.34(0.53) ^{de}	7.47(0.47) ^{ea}	8.43(0.50) ^{fa}	18.56(1.43) ^{fa}	22.70(0.82) ^{ha}
	FSXT	2.85(0.52) ^b	4.17(0.70) ^{ba}	5.10(0.99) ^{ba}	6.00(0.81) ^{ca}	9.23(1.16) ^{ba}	12.30(1.53) ^{ba}
	TEF	4.14(0.40) ^{ca}	5.91(0.60) ^{cd}	6.65(0.47) ^{da}	7.60(0.51) ^{ea}	13.70(0.90) ^{ea}	17.33(1.00) ^{ea}
	VDF	2.49(0.75) ^b	4.20(0.89) ^{ba}	5.61(0.59) ^{ea}	6.64(1.01) ^{ea}	10.49(0.93) ^{ca}	16.76(1.23) ^{ea}
	PF	2.74(0.37) ^b	4.00(0.57) ^{ba}	4.82(0.44) ^{ba}	5.45(0.35) ^{ba}	9.44(0.63) ^{ba}	14.31(0.81) ^{ca}
	VF	1.79(0.50) ^a	2.49(0.36) ^a	2.83(0.38) ^a	3.38(0.42) ^a	5.16(0.52) ^a	8.5180.62) ^a

T1: semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: meses; T6: 6 meses. FBF: Filtek Bulk Fill; SDR: Surefill SDR; VBF: Venus Bulk Fill; SF: SonicFill; FSXT: Filtek Supreme XTE; TEF: Tetric EvoFlow; PF: Premise Flowable; VDF: Venus Diamond Flow; VF: Vertise Flow.

Tabla 23. Resultados cambio de color (ΔE (desviación estándar)) en función del tiempo a 37°C. Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas (p <0.05). * Indica valores clínicamente inaceptables ($\Delta E > 3.3$). El sombreado gris indica el composite que menos cambia de color para cada tiempo.

VII. Tabla 24. Resultados cambio de color (ΔE (desviación estándar)) de los composites en función del tiempo a 60°C.

		Cambio de color (ΔE)					
Solución Pigmentante	Composite	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Agua Destilada	FBF	1.14(0.98) ^a	1.45(0.92) ^{abc}	1.51(0.85) ^{abc}	1.73(0.75) ^{bc}	1.81(1.14) ^b	2.32(1.25) ^{bc}
	SDR	5.11(0.86) ^{ef}	5.54(1.24) ^{ef}	6.11(1.32) ^{ef}	6.18(1.48) ^{ef}	7.00(2.01) ^{ef}	7.79(2.39) ^{ef}
	VBF	1.25(0.69) ^{ab}	1.26(0.73) ^{ab}	1.34(0.55) ^{ab}	1.40(0.55) ^{ab}	1.58(0.82) ^{ab}	1.63(0.72) ^{ab}
	SF	1.93(1.00) ^c	1.94(1.06) ^c	1.96(1.15) ^{cd}	1.97(0.99) ^{cd}	1.98(0.90) ^b	1.63(0.87) ^{ab}
	FSXT	2.76(0.62) ^d	2.81(0.71) ^d	2.82(0.74) ^e	2.85(0.60) ^d	2.90(0.74) ^{cd}	2.72(0.47) ^{cd}
	TEF	1.66(0.30) ^{bc}	1.67(0.29) ^{bc}	1.82(0.26) ^{bcd}	1.89(0.34) ^{bc}	2.26(0.41) ^{bc}	2.28(0.28) ^{bc}
	VDF	1.05(0.39) ^a	1.07(0.37) ^a	1.09(0.26) ^a	1.11(0.28) ^a	1.13(0.22) ^a	1.15(0.29) ^a
	PF	1.70(0.56) ^{bc}	1.98(0.49) ^c	2.19(0.32) ^d	2.50(0.35) ^{de}	3.19(0.37) ^d	3.23(0.22) ^d
	VF	3.14(0.41) ^d	3.18(0.30) ^d	3.20(0.50) ^e	3.27(0.49) ^f	4.35(0.56) ^{ef}	5.43(0.59) ^{ef}
Café	FBF	21.67(2.61) ^d	35.86(2.43) ^{ef}	39.95(2.36) ^{ef}	42.93(2.30) ^{ef}	53.96(1.47) ^d	57.22(0.69) ^{ef}
	SDR	23.95(2.62) ^{ef}	31.51(3.63) ^d	35.53(3.85) ^d	38.57(3.51) ^c	51.62(2.15) ^d	55.91(1.97) ^{de}
	VBF	32.56(2.20) ^{ef}	40.37(2.43) ^{ef}	44.07(2.26) ^{ef}	46.17(2.09) ^{ef}	52.53(0.99) ^d	53.43(0.63) ^{cd}
	SF	18.58(2.74) ^c	28.08(3.18) ^c	32.23(4.00) ^{ef}	35.06(4.10) ^{ef}	45.59(6.21) ^{bc}	42.87(2.15) ^{ef}
	FSXT	15.10(1.80) ^{bc}	20.89(2.09) ^{ef}	24.74(2.85) ^{ef}	30.03(2.41) ^{ef}	41.71(5.30) ^{ef}	47.93(6.95) ^b
	TEF	13.21(1.45) ^{ab}	32.63(1.20) ^d	37.40(1.18) ^{ef}	40.81(0.89) ^{ef}	52.35(1.97) ^d	58.92(1.41) ^{ef}
	VDF	29.23(1.18) ^{ef}	40.39(1.49) ^{ef}	45.44(1.52) ^{ef}	48.40(0.98) ^{ef}	58.24(0.83) ^{ef}	61.46(1.66) ^{ef}
	PF	18.12(1.53) ^c	28.59(1.94) ^c	33.84(1.22) ^{cd}	37.14(1.73) ^c	47.65(3.87) ^c	48.14(7.42) ^b
	VF	16.08(2.61) ^{bc}	31.42(6.75) ^b	28.56(2.31) ^{ef}	31.57(2.86) ^{ef}	45.09(1.87) ^b	51.04(2.14) ^c
Coca-Cola	FBF	3.10(0.36) ^{cd}	3.25(0.39) ^c	3.66(0.38) ^c	4.04(0.38) ^c	4.28(0.61) ^b	4.42(0.41) ^b
	SDR	6.26(0.96) ^{ef}	7.55(1.23) ^{ef}	8.31(1.60) ^{ef}	8.62(1.62) ^{ef}	8.77(1.41) ^d	10.79(1.79) ^e
	VBF	5.29(0.75) ^{ef}	5.46(0.54) ^d	6.19(0.63) ^d	7.23(0.61) ^d	12.41(1.98) ^{ef}	16.84(1.74) ^{ef}
	SF	3.30(0.37) ^d	3.34(0.27) ^c	3.66(0.40) ^c	3.70(0.33) ^{bc}	6.82(1.44) ^{bc}	12.77(0.61) ^d
	FSXT	1.92(0.46) ^a	2.11(0.46) ^a	2.29(0.37) ^a	2.86(0.38) ^a	3.44(0.61) ^{bc}	4.14(0.38) ^{ab}
	TEF	2.54(0.46) ^b	2.99(0.37) ^{bc}	3.50(0.45) ^c	3.70(0.62) ^{bc}	4.23(0.43) ^{bc}	4.34(1.04) ^{ab}
	VDF	2.60(0.36) ^b	2.61(0.53) ^b	2.62(0.22) ^{ab}	3.41(0.33) ^b	4.45(1.11) ^b	5.95(0.82) ^b
	PF	2.34(0.40) ^b	3.00(0.36) ^{bc}	3.59(0.37) ^c	3.98(0.39) ^c	4.88(0.49) ^c	5.05(0.82) ^{ab}
	VF	2.73(0.55) ^{bc}	2.75(0.55) ^b	2.77(0.49) ^b	2.79(0.67) ^b	2.83(0.61) ^a	10.85(2.26) ^c
Té	FBF	16.54(0.71) ^{ef}	21.92(0.58) ^{ef}	24.16(0.84) ^{ef}	26.00(0.54) ^{ef}	33.46(0.43) ^{ef}	35.96(0.67) ^{ef}
	SDR	15.86(0.93) ^{ef}	20.70(0.88) ^{ef}	22.68(0.93) ^{ef}	24.09(1.04) ^{ef}	28.64(1.74) ^{ef}	30.66(1.79) ^{ef}
	VBF	17.17(0.84) ^{ef}	22.52(0.70) ^{ef}	24.71(0.78) ^{ef}	26.85(0.78) ^{ef}	32.83(0.55) ^{ef}	34.72(0.67) ^{ef}
	SF	10.14(1.65) ^d	13.59(1.77) ^c	15.07(1.92) ^d	17.40(2.76) ^d	25.36(3.07) ^d	31.96(3.24) ^{ef}
	FSXT	4.34(0.59) ^{bc}	6.16(0.63) ^{ef}	7.65(0.93) ^{ef}	8.28(0.77) ^{ef}	14.16(0.90) ^{ef}	17.04(1.54) ^{ef}
	TEF	9.45(0.79) ^d	14.54(1.01) ^d	15.56(0.91) ^d	17.07(1.11) ^d	22.82(1.03) ^c	24.44(2.22) ^c
	VDF	14.47(2.14) ^c	18.58(1.67) ^{ef}	20.37(1.85) ^{ef}	23.17(2.16) ^{ef}	29.46(1.38) ^{ef}	32.37(1.50) ^{ef}
	PF	7.37(0.37) ^c	10.09(0.38) ^b	12.47(0.80) ^c	14.36(0.96) ^c	19.43(1.44) ^b	21.41(1.01) ^b
	VF	3.26(0.47) ^a	6.76(0.70) ^a	10.05(1.20) ^b	11.69(0.91) ^b	21.83(1.25) ^c	26.67(1.32) ^d
Vino Tinto	FBF	44.18(1.12) ^{ef}	48.08(0.91) ^{ef}	48.99(0.92) ^{ef}	50.04(0.53) ^{ef}	53.11(0.83) ^{ef}	55.48(1.63) ^{ef}
	SDR	42.07(1.24) ^{ef}	48.01(1.19) ^{ef}	51.91(0.49) ^{ef}	54.69(0.89) ^{ef}	62.61(0.89) ^{ef}	63.14(0.71) ^{ef}
	VBF	41.38(1.12) ^{ef}	45.95(0.81) ^{ef}	48.94(1.37) ^{ef}	50.05(0.98) ^{ef}	53.48(1.62) ^{ef}	54.40(0.77) ^d
	SF	23.94(4.07) ^c	24.46(4.17) ^b	29.60(5.11) ^c	32.99(5.72) ^c	47.67(6.05) ^{cd}	55.43(5.36) ^d
	FSXT	17.67(2.48) ^{ef}	23.71(3.32) ^b	26.57(3.47) ^b	29.62(3.39) ^b	38.03(2.65) ^b	41.72(2.30) ^b
	TEF	32.70(2.38) ^d	37.81(1.20) ^d	40.68(1.02) ^d	42.48(0.81) ^d	49.25(1.00) ^d	56.41(4.84) ^d
	VDF	40.13(1.95) ^{ef}	47.43(2.23) ^{ef}	53.54(1.98) ^{ef}	53.62(1.54) ^{ef}	62.44(4.00) ^{ef}	63.10(3.14) ^{ef}
	PF	20.81(0.83) ^b	26.46(0.90) ^c	30.00(0.93) ^c	33.93(1.26) ^c	46.64(3.32) ^c	51.13(4.09) ^c
	VF	19.52(3.32) ^b	19.55(1.32) ^a	19.60(3.04) ^a	19.63(0.85) ^a	23.34(1.72) ^a	27.83(3.42) ^a
Zum de naranja	FBF	8.68(0.76) ^{ef}	12.27(0.83) ^{ef}	14.98(0.94) ^{ef}	15.80(0.80) ^{ef}	23.20(0.90) ^{ef}	26.80(0.58) ^{ef}
	SDR	11.22(0.71) ^{ef}	12.84(0.76) ^{ef}	14.12(0.71) ^{ef}	14.23(0.41) ^{ef}	18.40(1.613) ^{ef}	19.80(1.21) ^{ef}
	VBF	8.12(0.77) ^{ef}	12.31(0.84) ^{ef}	15.80(0.70) ^{ef}	17.83(0.69) ^{ef}	22.36(2.25) ^{ef}	22.89(1.56) ^{ef}
	SF	5.73(0.46) ^b	7.41(0.55) ^b	8.82(0.45) ^b	9.56(0.85) ^b	10.25(1.49) ^b	10.44(1.63) ^b
	FSXT	5.58(0.50) ^b	7.73(0.52) ^b	9.40(0.54) ^c	10.85(0.58) ^c	16.76(0.73) ^c	19.04(0.69) ^d
	TEF	6.82(0.55) ^{cd}	9.64(0.72) ^{ef}	11.90(0.65) ^{ef}	12.57(0.56) ^{ef}	19.20(0.79) ^d	20.50(0.82) ^{ef}
	VDF	7.04(0.47) ^d	10.68(0.55) ^{ef}	12.65(0.63) ^{ef}	14.31(0.75) ^{ef}	16.81(1.43) ^c	16.29(4.22) ^c
	PF	6.58(0.80) ^c	8.40(0.80) ^c	10.05(0.56) ^d	10.78(0.50) ^c	16.32(0.28) ^c	19.45(0.43) ^{de}
	VF	3.98(0.36) ^a	4.92(0.36) ^a	5.81(0.37) ^a	6.76(0.50) ^a	11.38(0.90) ^b	12.36(3.09) ^b

T1: semana; T2: 2 semanas; T3: 3 semanas; T4: 4 semanas; T5: meses; T6: 6 meses. FBF: Filtek Bulk Fill; SDR: Surefill SDR; VBF: Venus Bulk Fill; SF: SonicFill; FSXT: Filtek Supreme XTE; TEF: Tetric EvoFlow; PF: Premise Flowable; VDF: Venus Diamond Flow; VF: Vertise Flow.

Tabla 24. Resultados cambio de color (ΔE (desviación estándar)) de los composites de estudio en función del tiempo a 60°C. Diferente letra en la misma columna indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). * Indica valores clínicamente inaceptables ($\Delta E > 3.3$). El sombreado gris indica el composite que menor cambio de color para cada tiempo.