



**Universidad
Europea**

Estabilidad del color y propiedades ópticas de coronas provisionales de acrílico en un sustrato desfavorable, confeccionadas con CAD/CAM mediante fresado, impresión 3D y técnica convencional

Stability of color and optical properties of acrylic temporary crowns with an unfavorable substrate, manufactured with CAD/CAM via milling, 3D printing and conventional technique

Máster en Prótesis Implantoprótesis y Estética Dental
Universidad Europea de Madrid

Madrid, 2022-23

Alumno: Tommaso Rinaldi

Tutores: Dr. Carlos Serrano Granger

Dr. Pablo Gómez Cogolludo

“Everything you can imagine is a possibility in reality.”

- *Eiichiro Oda*

Agradecimientos

- ❖ Al Dr. Carlos Serrano Granger, por sus ganas infinitas de enseñar, por la pasión que me transmite desde que le conocí y por ser buen amigo antes que profesor.
- ❖ Al Dr. Pablo Gómez Cogolludo, por su apoyo a lo largo de mi experiencia en la clínica y en esta investigación.
- ❖ A todos mis profesores, por ayudarme a ser mejor profesional y por el continuo apoyo en el máster.
- ❖ A Francesco, Donato, Alicia y Sara, por acompañarme en este camino, por hacer este máster divertido, y por estarme cerca cuando lo he necesitado.
- ❖ A mis compañeros de curso, por compartir conmigo esta experiencia, los logros y los desafíos, siempre juntos y ayudándonos.
- ❖ A mi prima Eugenia, desde siempre una hermana, para siempre en mi corazón.
- ❖ A mi hermana Aleksandra, por estar siempre a mi lado sin importar las distancias.
- ❖ A mis padres, porque sin ellos no sería el hombre que soy, por enseñarme que no hay meta imposible.

Resumen

Introducción: Hoy en día, la estabilidad del color en prótesis provisional fija es un criterio fundamental para el éxito clínico de nuestro tratamiento. Eso se debe por un lado a los avances tecnológicos que permiten emplear materiales con mejores propiedades mecánicas y ópticas, y por otro lado a las demandas estéticas del paciente. El polimetilmetacrilato (PMMA) es un material termoplástico empleado en prótesis provisional con buena resistencia a la fractura y fácil de reparar o modificar. Puede fabricarse con técnicas manuales directas o indirectas por CAD/CAM. Por otra parte, uno de los métodos para evaluar la estética de un provisional es a través de espectrofotómetros dentales que nos permiten medir la estabilidad del color de los materiales.

Objetivo: Evaluar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la estabilidad del color de coronas provisionales de acrílico tratadas con distintas tinciones comparando un sustrato favorable y uno desfavorable.

Materiales y Métodos: Se seleccionaron 144 coronas provisionales fabricadas por CAD/CAM mediante fresado, impresión 3D y técnica convencional. Se sometieron a un proceso de termociclado y a tratamiento de superficie con varias tinciones. Se evaluó el cambio de color con el espectrofotómetro VITA Easyshade V calculando el ΔE a las cuatro semanas post-tratamiento. Se aplicó el test de ANOVA para el análisis estadístico ($p < 0.05$).

Resultados: Se observaron valores ΔE significativamente más altos en el grupo de coronas convencionales tratadas con vino ($\Delta E = 9.117$). Por otro lado, los dos sustratos presentaron cambios en ΔE similares entre sí ($p = 0.511$).

Conclusiones: No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los sustratos evaluados.

Keywords: CAD/CAM; coronas provisionales; espectrofotómetro; polimetilmetacrilato; propiedades ópticas; prótesis fija.

Abstract

Introduction: Recently, color stability in fixed temporary prostheses has become a fundamental criterion for the clinical success of our treatment. This is due, on one hand, to technological advances that allow the use of materials with better mechanical and optical properties, and on the other hand, to the esthetic demands of the patient. Polymethyl methacrylate (PMMA) is a thermoplastic material used for temporary restorations with good fracture resistance and easy to repair or modify. It can be manufactured with direct or indirect manual techniques by CAD/CAM. Furthermore, one of the methods of evaluating the aesthetics of a provisional is through dental spectrophotometers that allow us to measure the color stability of the materials.

Aim: To evaluate the existence of statistically significant differences in terms of color stability of provisional acrylic crowns treated with different stains, comparing a favorable and an unfavorable substrate.

Materials and methods: 144 provisional crowns manufactured by CAD/CAM using milling, 3D printing and conventional technique were selected. They were subjected to a thermocycling process and surface treatment with various stains. Color change was evaluated with the VITA Easyshade V spectrophotometer, calculating ΔE at four weeks post-treatment. The ANOVA test was applied for the statistical analysis ($p < 0.05$).

Results: Significantly higher ΔE values were observed in the group of conventional crowns treated with wine ($\Delta E = 9.117$). On the other hand, the two substrates presented changes in ΔE similar to each other ($p = 0.511$).

Conclusions: According to the findings of the present study, no statistically significant differences were found between the evaluated substrates.

Key words: CAD/CAM; fixed prosthesis; optical properties; polymethyl methacrylate; spectrophotometer; temporary crowns.

Índice de contenidos

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 CONSIDERACIONES GENERALES	2
1.2 MATERIALES EMPLEADOS EN PRÓTESIS PROVISIONAL	2
1.3 CONFECCIÓN DE LAS CORONAS PROVISIONALES	4
1.3.1 CAD/CAM fresado	5
1.3.2 CAD/CAM impreso	7
1.3.3 Técnica indirecta convencional	7
1.3.4 Técnica directa convencional	8
1.4 PROPIEDADES ÓPTICAS	8
1.5 ALTERACIONES DEL COLOR	9
1.6 ESPECTROFOTOMETRÍA	9
1.6.1 VITA Easyshade	10
1.6.2 Guía de color VITA Classical	11
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. HIPÓTESIS	16
3.1 HIPÓTESIS NULA (H_0)	16
3.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H_1)	16
4. OBJETIVOS	18
4.1 OBJETIVO PRIMARIO	18
4.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS	18
5. MATERIALES Y MÉTODOS	20
5.1 METODOLOGÍA DEL TRABAJO	20
5.1.1 Fabricación coronas provisionales	23
5.1.2 Empleo de las tinciones y organización de las muestras	25
5.1.3 Evaluación del cambio de color	29
5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	30
5.3 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA	30
5.3.1 Búsqueda de otros recursos: búsqueda manual	31
5.3.2 Parámetros de inclusión y exclusión	31

5.3.3	Contactar con los autores de los estudios.....	31
5.3.4	Recogida de datos y análisis	32
6.	RESULTADOS.....	34
6.1	ANÁLISIS DE DATOS.....	34
6.1.1	CORONAS PROVISIONALES CON SUSTRATO DESFAVORABLE.....	34
6.1.2	CORONAS PROVISIONALES CON SUSTRATO FAVORABLE.....	37
6.1.3	CAMBIO DEL COLOR EN LOS MATERIALES EMPLEADOS	39
6.2	ESTUDIOS INCLUIDOS	41
7.	DISCUSIÓN.....	44
7.1	DISCUSIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	44
7.2	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	45
7.3	LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	46
8.	DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
8.1	APLICACIÓN CLÍNICA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
9.	CONCLUSIONES.....	50
10.	CONFLICTOS DE INTERÉS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
11.	RECONOCIMIENTOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	56
13.	ANEXOS.....	60
13.1	CARTA DEL COMITÉ INTERNO DE LA UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID	60
13.1	MEDICIÓN DEL ΔE EN LOS TIEMPOS T0-5 PARA EL GRUPO DE CORONAS CON SUSTRATO DESFAVORABLE ..	61
13.2	MEDICIÓN DEL ΔE EN LOS TIEMPOS T0-5 PARA EL GRUPO DE CORONAS CON SUSTRATO FAVORABLE	62

Índice de tablas e ilustraciones

Fig.1: Acrílico PMMA.....	4
Fig.2: Encerado digital.....	5
Fig.3: Fresadoras de laboratorio.....	6
Fig.4: Coronas provisionals impresas.....	7
Fig.5: VITA Easyshade V.....	11
Fig.6: Guía VITA Classical.....	12
Fig.7: 3Shape TRIOS 4.....	20
Fig.8: Tipodonto KaVo y llave de silicona.....	21
Fig.9: Tallado provisional e impresion digital.....	21
Fig.10: Meshmixer y Chitubox.....	22
Fig.11: Impresora ELEGOO Mars Pro.....	22
Fig.12: Réplicas impresas modelo tallado.....	23
Fig.13: Coronas provisionals convencionales.....	24
Fig.14: Coronas provisionales fresadas.....	24
Fig.15: Coronas provisionales impresas.....	25
Fig.16: Termocicladora Bio-Rad Mycycler.....	26
Fig.17: Muestras del estudio.....	28
Fig.18: Retenedor de acrílico transparente.....	29
Fig.19: Aprobación proyecto de investigación por el Comité Interno de la Universidad.....	60
Tab.1: Organigrama del estudio.....	27
Tab.2: Grupos del estudio.....	28
Tab.3: Términos MeSH.....	30
Tab.4: Parámetros de inclusión y exclusión.....	31
Tab.5: Diagrama de riesgo de sesgo.....	32
Tab.6: Medias ΔE PMMA fresado muñón negro.....	34
Tab.7: Análisis descriptivo PMMA fresado muñón negro.....	35
Tab.8: Boxplot PMMA fresado muñón negro.....	35
Tab.9: Medias ΔE PMMA impreso muñón negro.....	35
Tab.10: Análisis descriptivo PMMA impreso muñón negro.....	35
Tab.11: Boxplot PMMA impreso muñón negro.....	36

Tab.12: Medias ΔE PMMA convencional muñón negro	36
Tab.13: Análisis descriptivo PMMA convencional muñón negro	36
Tab.14: Boxplot PMMA convencional muñón negro.....	36
Tab.15: Medias ΔE PMMA fresado muñón blanco	37
Tab.16: Análisis descriptivo PMMA fresado muñón blanco	37
Tab.17: Boxplot PMMA fresado muñón blanco.....	37
Tab.18: Medias ΔE PMMA impreso muñón blanco	38
Tab.19: Análisis descriptivo PMMA impreso muñón blanco	38
Tab.20: Boxplot PMMA impreso muñón blanco.....	38
Tab.21: Medias ΔE PMMA convencional muñón blanco	38
Tab.22: Análisis descriptivo PMMA convencional muñón blanco.....	39
Tab.23: Boxplot PMMA convencional muñón blanco	39
Tab.24: Análisis descriptiva de todos los materiales	40
Tab.25: Test ANOVA Sustrato/Tinción	40
Tab.26: Test ANOVA Material/Tinción.....	41
Tab.27: Post Hoc Materiales	41
Tab.28: Post Hoc Tinciones	41
Tab.29: Tabla PRISMA	42
Tab.30: Medias ΔE coronas provisionales con sustrato desfavorable.....	61
Tab.31: Medias ΔE coronas provisionales con sustrato favorable	62

Índice de siglas y abreviaturas

AM	Additive Manufacturing/Fabricación Aditiva
BIS-GMA	Bis-acrílico
CAD	Computer Aided Design/Diseño Asistido por Computadora
CAM	Computer Aided Manufacturing/Fabricación Asistida por Computadora
CASP	Critical Appraisal Skills Programme
CIE	Comisión Internacional de Iluminación
ΔE	Delta E
EBD	Evidence Based Dentistry
L	Litro
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light-emitting Diode
MeSH	Medical Subject Headings
mL	Mililitro
mm	Milímetro
μm	Micrómetro
NHS	National Health Service
PEMA	Polimetacrilato de Etilo
PMMA	Polimetilmetacrilato
SEM	Microscopio Electrónico de Barrido
STL	Standard Triangulation Language
UV	Luz Ultravioleta

1. INTRODUCCIÓN

1. Introducción

1.1 Consideraciones generales

Hoy en día, alcanzar la excelencia estética y funcional en prótesis fija sigue siendo un reto para los clínicos en cada tratamiento. Un factor crucial para este éxito es el correcto manejo de las coronas provisionales, ya que debe ser una imagen especular de la restauración definitiva, como puede ser una corona o un puente. La estética y la armonía visual son aspectos fundamentales en la odontología moderna, y por eso unas coronas provisionales de alta calidad desempeñan un papel importante en la satisfacción del paciente y en el éxito clínico a largo plazo. Asimismo, además de cumplir con requerimientos estéticos, una restauración provisional proporciona protección para el sistema dentinario-pulpar, estabiliza las relaciones oclusales y sirve como medida temporal para la profilaxis periodontal durante el periodo de provisionalización (1).

Ese periodo por otro lado es muy variable, algunos estudios hablan de tiempos breves de 20-30 días, sin embargo, hay tratamientos que requieren más tiempo de provisionalización (aumento de dimensión vertical, provisionalización inmediata implantosoportada, etc.), en esos casos, el tratamiento provisional puede durar hasta 6-8 meses (2). El retraso clínico, la enfermedad y las consideraciones financieras también pueden prolongar este período, lo que conlleva alteraciones sustanciales del material provisional empleado.

Idealmente, los materiales de restauración provisionales no deberían cambiar de color o apariencia después de la fabricación, sin embargo la función clínica en tratamientos que abarcan largos periodos de tiempo provocan desgaste y alteraciones en color y forma del material empleado (1,2). En concreto, si el material provisional se emplea en un área estéticamente crítica, la estabilidad del color es un criterio fundamental, ya que cambios de tono pueden generar insatisfacción tanto para el paciente como para el clínico (2). No cabe duda por lo tanto, que la elección del material restaurador adecuado, incluso en prótesis provisional, es un elemento clave para el éxito clínico de nuestro tratamiento.

1.2 Materiales empleados en prótesis provisional

En prótesis provisional se emplean diversos materiales que ofrecen distintas propiedades y características. Algunos de los materiales de uso más común en la actualidad son las resinas de

polimetilmetacrilato (PMMA), polimetacrilato de etilo (PEMA), bis-acrílico y dimetacrilato (BIS-GMA), y composites (3).

El acrílico, o polimetilmetacrilato (PMMA), es un material termoplástico ampliamente utilizado en la fabricación de prótesis provisionales debido a su facilidad de uso, versatilidad y costo relativamente bajo. Ofrecen una buena resistencia a la fractura y son fáciles de reparar o modificar. Además, se pueden encontrar en diferentes tonos para lograr una buena correspondencia con los dientes naturales. Por lo tanto, suelen presentar una estética aceptable en comparación con otros materiales. El acrílico puede presentarse en dispensadores para pistolas de aplicación dental, o en forma de polvo-líquido, que se mezclan para formar una pasta moldeable que endurece mediante termopolimerización (Fig.1) (4,5).

El polimetacrilato de etilo (PEMA) es un polímero termoplástico que pertenece a la familia de los acrilatos. Una de las principales diferencias entre el PEMA y el PMMA es la cadena lateral del monómero utilizado en su síntesis. Esta diferencia afecta las propiedades físicas y químicas de ambos materiales. En términos de propiedades mecánicas, el PEMA tiende a ser más flexible y resistente a la fractura. Por otro lado, el PEMA tiene una menor viscosidad en comparación con el PMMA, lo que dificulta su manejo (4,5).

Los bis-acrílicos (metacrilato de bisfenol A glicidil dimetacrilato o BIS-GMA) y los dimetacrilatos son compuestos formados por una matriz de resina con partículas de relleno. Se presentan en forma de pasta premezclada que polimeriza por termocuración. Suelen presentar una mayor resistencia y estabilidad comparados con las demás resinas. Presentan propiedades mecánicas superiores, son más resistentes a la fractura y poseen una mayor tenacidad, lo que los hace menos propensos a romperse bajo cargas oclusales. Sin embargo, presentan un tiempo de trabajo más corto en comparación con el PMMA (4,5).

Los composites por otro lado son materiales comúnmente empleados en prótesis provisional por su fácil manejo. Ofrecen una buena estética y se polimerizan con fotocuración. Presentan buenas propiedades mecánicas y son de fácil reparación y modificación. Los composites son conocidos por su capacidad de adhesión a los dientes, lo que permite una mejor retención de la prótesis provisional (6).

La elección del material dependerá de factores como la duración prevista del provisional, la resistencia requerida, la estética deseada y las preferencias del paciente. Es importante evaluar cada caso de forma individual.



Figura 1: Acrílico PMMA tipo polvo-líquido.

1.3 Confección de las coronas provisionales

En cuanto al método de fabricación, las restauraciones provisionales pueden realizarse en el consultorio (técnica directa) o en laboratorios de producción (técnica indirecta) (7). En los últimos 25 años, la tecnología de Diseño Asistido por Computadora (CAD) y Fabricación Asistida por Computadora (CAM) se ha vuelto cada vez más útil en odontología. Con la evolución de este método de fabricación y el aumento de las demandas estéticas de los pacientes y profesionales, se han desarrollado restauraciones provisionales y definitivas con alta precisión. Dentro de estas tecnologías, la técnica de fresado o sustracción ha sido la más utilizada en los últimos años. Sin embargo, los avances en la Fabricación Aditiva (AM) o la impresión 3D, que son sistemas emergentes en el campo de la odontología, están mostrando resultados prometedores en la fabricación de restauraciones dentales y ya están siendo implementadas desde hace algunos años en la práctica clínica dental (8,9).

En la última década, ha habido un desarrollo significativo en la impresión 3D, con mejoras en las técnicas, una disminución en el costo de las piezas y un aumento en la velocidad de impresión. La impresión 3D se refiere a un enfoque de fabricación que construye objetos capa por capa, agregando múltiples capas de resina fotopolimerizable, lo que se conoce como fabricación aditiva. Sin embargo, un desafío común de este sistema es el alto costo del equipo, el mantenimiento y las reparaciones, así como la necesidad de una limpieza de las máquinas y un postprocesamiento de los objetos impresos específicos. Es importante tener en cuenta que tanto el proceso de impresión 3D como el de fresado involucran varios pasos, desde la adquisición de un modelo 3D hasta la preparación del modelo, la impresión en capas, el fresado en bloque y el postprocesamiento. Por lo

tanto, el diseño asistido por computadora es crucial para obtener una restauración final de calidad (8,9).

El diseño digital implica la creación de un modelo virtual tridimensional del provisional que se utilizará como base para su posterior fabricación. En primer lugar, se emplea un escáner intraoral para capturar una imagen digital tridimensional de la preparación dental del paciente. El escáner utiliza una tecnología de luz estructurada o escaneo por imágenes para recopilar los datos necesarios. Esta información se envía al software de diseño dental. A continuación, softwares de diseño digital como Exocad o 3Shape, permiten al profesional dental y al técnico de laboratorio manipular los datos obtenidos del escaneo y crear un encerado virtual del provisional (Fig.2). Una vez finalizado el diseño virtual, se exporta el archivo STL (Standard Triangulation Language) para su fabricación en por fresado o impresión (10).

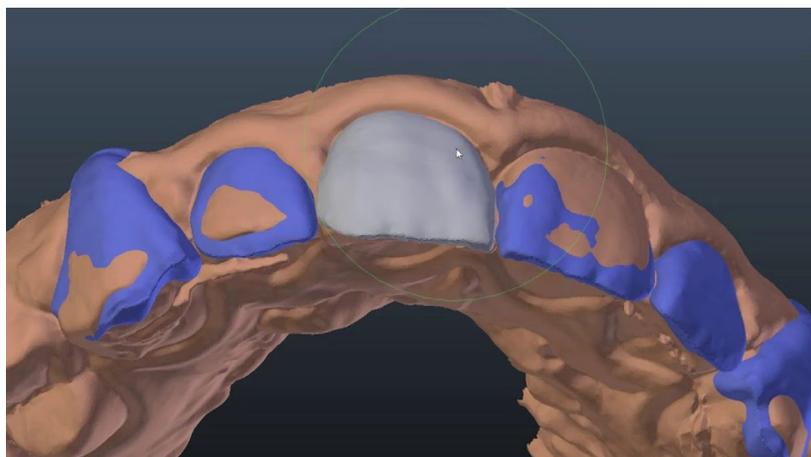


Figura 2: Encerado tridimensional a través de programa de diseño digital asistido.

Es importante destacar que el diseño digital puede variar según el software utilizado y las preferencias del profesional dental. Algunos programas ofrecen características avanzadas, como la simulación de la interacción con los tejidos blandos circundantes y la oclusión, lo que permite una visualización más precisa del resultado final. Esta tecnología ofrece numerosas ventajas, como la posibilidad de realizar ajustes virtuales sin la necesidad de obtener un modelo físico tradicional (10). A continuación se describen los métodos de fabricación tanto digital como manual.

1.3.1 CAD/CAM fresado

Una vez completado el diseño digital del provisional, se pasa a la etapa de fabricación, que en el caso de la tecnología de fresado controlada por CAD/CAM implica la creación física del provisional a partir de un bloque de acrílico.

En primer lugar, se elige un bloque de acrílico adecuado para la fabricación del provisional en función de las indicaciones del profesional. Los bloques de acrílico están disponibles en diferentes tamaños y tonalidades para adaptarse a las necesidades del paciente. Se coloca el bloque de acrílico en la fresadora CAD/CAM. Estas máquinas pueden clasificarse según el número de ejes con el que trabajan. El número de ejes de trabajo de una fresadora determina las operaciones de mecanizado que se pueden realizar. Una fresadora de tres ejes tiene la capacidad de controlar el movimiento relativo entre la fresa y la pieza en los tres ejes del plano cartesiano (x, y, z). En contraste, una fresadora de cuatro ejes no solo permite el movimiento en los tres ejes cartesianos, sino que también permite la rotación de la pieza. Esto se logra mediante un mecanismo divisor que controla el eje de giro de la pieza. Por otro lado, una fresadora de cinco ejes es una máquina altamente avanzada que va más allá del movimiento en el plano cartesiano, ya que tiene la capacidad de controlar diferentes giros de la pieza (Fig.3). Es decir, en este tipo de máquina, la pieza puede girar en dos ejes: uno perpendicular a la herramienta y otro paralelo a ella. Además, también permite el giro en el plano horizontal y con un grado de inclinación por parte de la herramienta. Estas fresadoras son capaces de mecanizar piezas complejas y ofrecen un mayor rango de ángulos de alcance de la fresa sobre la superficie de la pieza (11,12).

El bloque de acrílico PMMA se coloca en la fresadora CAD/CAM y se sujeta firmemente en su lugar. Se asegura de que esté alineado correctamente para garantizar un fresado preciso y utilizando el software de control CAD/CAM, se carga el archivo del diseño digital del provisional y se programa la fresadora para que realice el fresado según las especificaciones del diseño. Una vez finalizado el fresado, el provisional se retira de la fresadora y se realiza un proceso de acabado y pulido manual. Esto implica eliminar imperfecciones, suavizar los bordes y pulir la superficie para obtener un resultado estético y funcional (12).



Figura 3: Fresadoras de laboratorio CoriTec 350i Loader PRO.

1.3.2 CAD/CAM impreso

La fabricación de coronas provisionales de acrílico mediante CAD/CAM impreso también se basa en la tecnología de diseño y fabricación digital. En lugar de una fresadora y un bloque sólido de acrílico PMMA, se utiliza una impresora 3D para construir el modelo en capas a partir de un archivo digital. La impresora deposita capas de resina o polímero líquido, que se solidifican mediante una fuente de luz láser o LED (Fig.4).



Figura 4: Coronas provisionales fabricadas con técnica de impresión 3D.

Una vez que se ha impreso la corona provisional, se retira de la plataforma de impresión y se limpia cualquier exceso de resina o polímero. Luego, se lleva a cabo un proceso de acabado y pulido para ajustar la superficie de la restauración provisional. A diferencia del método de fresado CAD/CAM, el método de impresión 3D CAD/CAM es más adecuado para formas de corona más complejas y detalladas, ya que no depende del eje de inclinación de una fresa (9).

1.3.3 Técnica indirecta convencional

A pesar de lo comentado anteriormente, cabe destacar que el proceso de fabricación de coronas provisionales mediante técnica indirecta involucra también procedimientos más convencionales que no precisan del empleo de tecnología digital.

Según este enfoque el clínico toma un modelo de la boca del paciente antes de la preparación dental. Este modelo se envía al laboratorio dental, donde se realiza una llave de silicona de los dientes sin tallar. A seguir, se realiza una preparación mínima y conservadora en el modelo de escayola, teniendo en cuenta el posterior tallado del clínico en la boca del paciente. Utilizando la

llave de silicona tomada previamente, se fabrican los provisionales en el laboratorio. Estos provisionales se ajustan y pulen antes de ser enviados al clínico. Una vez en la clínica, el clínico realiza el tallado de los dientes en la boca del paciente y procede a rebasar directamente los provisionales en la misma sesión, asegurándose de que ajusten correctamente y proporcionen una adecuada funcionalidad y estética al paciente (7). Con el advenimiento de las nuevas tecnologías, esta técnica ha perdido prominencia.

1.3.4 Técnica directa convencional

Por otro lado, la fabricación de coronas provisionales de acrílico mediante técnica directa con llave de silicona es un proceso tradicional que implica la creación de un provisional personalizado directamente en la boca del paciente. Similarmente a la técnica indirecta clásica, se realiza la toma de impresión del diente a tallar. Esta impresión puede ser en alginato para fabricar un modelo en escayola si es necesario el encerado previo del diente a restaurar. De ser así, se tomará una llave de silicona después de haber encerado la futura restauración provisional. De otro modo se puede tomar una llave de silicona directamente en la boca del paciente si la corona clínica del diente a tallar presenta una características morfológicas y funcionales adecuadas. Una vez que el diente está preparado, se rellena la llave de silicona con acrílico, que puede ser inyectable, o de doble mezcla polvo-líquido. Se coloca un separador en el muñón recién preparado y encima se coloca la llave de silicona con la resina. Se espera el tiempo de polimerización de acuerdo con las indicaciones del fabricante y se termina realizando el pulido y acabado del provisional fuera de boca. Es una técnica más operador dependiente, sin embargo permite no depender de un trabajo externo de laboratorio (7).

1.4 Propiedades ópticas

Como se mencionó previamente, es crucial que la restauración tenga una apariencia estética que se parezca a los tejidos dentales circundantes. Esto implica que las propiedades ópticas del material utilizado en la restauración sean similares a las de los dientes naturales. Al igual que la mayoría de los tejidos biológicos, un diente refleja, dispersa, absorbe y transmite la luz que llega a su superficie. Por lo tanto, para obtener resultados estéticamente satisfactorios, es necesario lograr una estética adecuada en términos de los tonos de las restauraciones, controlando la capacidad de los materiales utilizados provisionalmente para ser translúcidos, opalescentes y transmitir la luz

directamente. Se han descrito numerosos métodos para evaluar la capacidad de un objeto para reflejar y transmitir la luz, así como su color, con el objetivo de comprender los fenómenos que ocurren cuando la luz incide sobre él. La Comisión Internacional de Iluminación (CIE) ha desempeñado un papel importante en la introducción de los principales conceptos relacionados con los sistemas de color y el cambio del color o delta E (ΔE) como veremos más adelante.

1.5 Alteraciones del color

Al elegir un material de restauración temporal, se debe tener presente un cambio de color mínimo a lo largo del tiempo del tratamiento. En general, el cambio de color del material de restauración provisional puede ser causado por decoloración externa, alteración del color superficial o subsuperficial, y decoloración intrínseca (2).

La tinción externa, puede ser causada por compuestos que se incorporan en el biofilm y que producen tinción debido a su color básico, o puede ser causada por compuestos que inducen tinción debido a la interacción química en el diente o restauración provisional. La decoloración superficial implica una ligera degradación, con penetración y reacción de los agentes cromóforos con la capa superficial del provisional por adsorción. Mientras que la decoloración intrínseca es debida a reacciones fisicoquímicas de las partes más profundas de la restauración. En todo caso, la tinción directa tiene una etiología multifactorial con cromógenos derivados de fuentes dietéticas o que se colocan habitualmente en la boca (2).

Estos cromógenos orgánicos son absorbidos por la película y el color natural del cromógeno determina el color impartido. Se sabe que fumar, al igual que ciertas bebidas como el vino, té, café y refresco de cola causan manchas. Se cree que el color que se ve en el diente deriva de los compuestos polifenólicos que proporcionan el color en los alimentos. La forma de detectar el cambio del color en el entorno dental es mediante el empleo de un espectrofotómetro como descrito a continuación (2).

1.6 Espectrofotometría

La espectrofotometría es una técnica que mide de la cantidad de energía radiante que absorbe un sistema, realizando mediciones a una longitud de onda específica mediante un espectrofotómetro. Por otro lado, un espectrofotómetro es un instrumento que compara la radiación absorbida o transmitida por una solución o muestra que contiene una cantidad

desconocida de soluto, con una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia. Eso es posible debido a que todas las sustancias sólidas o líquidas pueden absorber energía radiante, incluso aquellas que parecen completamente transparentes, ya que absorben longitudes de onda del espectro visible. Cuando la luz atraviesa una sustancia u objeto, parte de la energía es absorbida, y solo pasan las longitudes de luz que no han sido absorbidas y que percibimos con nuestros ojos, eso es lo que define el color de un objeto (13,14).

En la espectrofotometría, existen dos tipos de instrumentos: los colorímetros y los espectrofotómetros. Los colorímetros utilizan filtros que permiten el paso de una longitud de onda específica, mientras que los espectrofotómetros emplean cromadores para obtener un haz de luz monocromática y variar la longitud de onda. Descomponen los tonos de un objeto mediante una rejilla de difracción y los comparan con la luz emitida. Los valores medidos entonces, se convierten en códigos numéricos. En el campo dental, el espectrofotómetro se basa en la medición de la energía luminosa reflejada por un diente en el espectro visible. La determinación precisa del color dental es esencial en la odontología estética, ya que el color es uno de los factores más importantes a tener en cuenta para el éxito del tratamiento (13,14).

1.6.1 VITA Easyshade

El VITA Easyshade® (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemania) es un espectrofotómetro dental digital utilizado para la determinación precisa del color en odontología (Fig.5). Este instrumento proporciona información detallada sobre el color del tejido dental que vamos a analizar midiendo la intensidad de la luz reflejada por el mismo diente. Esto es posible gracias a un sistema óptico que permite dirigir y controlar la luz emitida, y un detector fotosensible. Además, cuenta con una pantalla integrada en la que se muestran los resultados de las mediciones de color. Esta pantalla proporciona una representación visual de los valores cromáticos y permite una fácil lectura e interpretación de los datos (15).

Cuando se realiza una medición con el VITA Easyshade, se obtienen valores numéricos conocidos como valores Lab*. Estos valores se basan en el modelo de color CIELAB (CIE L* a* b*), que es un sistema estándar para describir los colores. Donde L* representa la luminosidad del color, donde el rango va desde el negro (0) hasta el blanco (100); a* el componente rojo-verde del color, donde los valores positivos se asocian con el rojo y los valores negativos con el verde; b* representa el componente amarillo-azul del color, donde los valores positivos se asocian con el amarillo y los valores negativos con el azul. Estos valores Lab* proporcionan una representación objetiva y

cuantitativa del color del diente que se está midiendo. Al comparar estos valores antes y después de un tratamiento dental o una restauración, se puede evaluar la cantidad de cambio de color que ha ocurrido, expresada en delta E. El delta E (ΔE) es una medida de diferencia de color entre dos muestras. Indica cuánto se ha desviado un color de otro. Cuanto mayor sea el valor de delta E, mayor será la diferencia entre los colores (14,16).

Generalmente, se considera que un delta E menor a 1.7 es imperceptible para la mayoría de las personas, mientras que un delta E mayor a 1.7 es más notable. Asimismo, el dispositivo se puede utilizar en conjunto con guías de colores dentales estándar, para una mejor comparación y coincidencia de colores en tratamientos de restauración y estética dental (17,18).



Figura 5: Espectrofotómetro VITA Easyshade V.

1.6.2 Guía de color VITA Classical

Otro método más subjetivo de medir el color es a través de guías de color dentales. La guía de color dental VITA Classical Shade Guide (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemania) es una herramienta utilizada en odontología para determinar y comunicar el color de los dientes (Fig.6). Está compuesta por una serie de fichas de colores organizadas en diferentes rangos de tonalidades. Es importante tener en cuenta que la organización de los colores en la guía VITA Classic sigue un sistema de ordenamiento específico. La guía está dividida en cuatro grupos de tonos principales: A, B, C y D. Además, cada grupo se subdivide en varios niveles de saturación de color (19).

El grupo A de la guía VITA Classical comprende los tonos A1, A2, A3, A3.5 y A4. Estos colores tienen una tonalidad rojizo-marrónácea. Son tonos claros y se utilizan para representar dientes con una tonalidad más cálida. El grupo B incluye los tonos B1, B2, B3 y B4. Presentan una tonalidad rojizo-amarillenta. Son tonos más blancos y opacos. El grupo C abarca los tonos C1, C2, C3 y C4.

Estos tonos tienen una tonalidad grisácea y se emplean para restauraciones menos claras. En fin, el grupo D comprende los tonos D2, D3 y D4. Estos tonos tienen una tonalidad rojizo-grisácea y se utilizan principalmente para representar dientes muy oscuros (19).



Figura 6: Guía VITA classical A1-D4.

Podemos entonces concluir que color desempeña un papel crucial en la estética dental. Un color dental armonioso y natural puede mejorar la autoestima y la confianza de un paciente, logrando resultados estéticos satisfactorios. La selección precisa y el manejo de los instrumentos y materiales mencionados requieren habilidades y conocimientos precisos por parte del profesional dental, considerando factores como la tonalidad y saturación, así como las características individuales del paciente.

2. JUSTIFICACIÓN

2. Justificación

Hoy en día, los materiales de restauración provisional son un complemento importante para una variedad de procedimientos dentales protésicos. Además de cumplir con una serie de requisitos funcionales como la preservación de los tejidos pulpares y periodontales, se emplean como una etapa intermedia para la colocación de las restauraciones definitivas. Es por ello por lo que la demanda estética en restauraciones provisionales con apariencia y color similares a los dientes naturales ha incrementado en los últimos años. Eso ha sido posible gracias a una mejora en las técnicas y los avances en las nuevas tecnologías. A la hora de elegir el tipo de restauración más adecuado para cada caso, hay que tener en cuenta una serie de factores cuales: material empleado, sustrato dental y técnica de fabricación. A día de hoy, no hay estudios que comparen esas tres variables entre sí incluyendo materiales convencionales y CAD/CAM, con un sustrato desfavorable y bajo el efecto de distintas tinciones. Por lo tanto, consideramos justificada la realización del presente estudio, cuyo objeto es el análisis de la estabilidad del color de materiales de restauración provisional y de las nuevas técnicas empleadas para su fabricación, con diferentes sustratos y tinciones, con el fin de lograr resultados funcionales con excelentes propiedades ópticas.

3. HIPÓTESIS

3. Hipótesis

3.1 Hipótesis Nula (H_0)

No existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de sustratos en cuanto a la estabilidad del color del acrílico comparando las coronas provisionales fresadas, impresas y fabricadas en clínica con técnica convencional.

3.2 Hipótesis Alternativa (H_1)

Hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de sustratos en cuanto a la estabilidad del color del acrílico comparando las coronas provisionales fresadas, impresas y fabricadas en clínica con técnica convencional.

4. OBJETIVOS

4. Objetivos

4.1 Objetivo primario

1. Evaluar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la estabilidad del color de coronas provisionales de acrílico tratadas con distintas tinciones comparando un sustrato favorable y uno desfavorable.

4.2 Objetivos secundarios

2. Determinar si hay diferencias en la estabilidad del color de coronas provisionales comparando los materiales empleados (PMMA fresado, impreso y fabricado con técnica convencional).
3. Evaluar cuál de los 3 acrílicos analizados se ve afectado por el mayor cambio de color mediante análisis con espectrofotómetro.
4. Describir cuál de los 3 acrílicos evaluado presenta mayor estabilidad a nivel de cambio de color mediante análisis con espectrofotómetro.
5. Valorar cuál de las 4 sustancias cromógenas empleadas es la que produce más variación de color en los provisionales con espectrofotómetro.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5. Materiales y métodos

5.1 Metodología del trabajo

Este trabajo, recibió la aprobación del comité interno de la Universidad Europea de Madrid, asignándose el código CIPI/23.141 y disponible en el apartado de anexos (Fig.19). El tipo de estudio realizado es un Ensayo Clínico in vitro, de finalidad analítica, cuya dirección temporal es longitudinal, el inicio del estudio en relación a la cronología de los hechos es de carácter prospectivo, la asignación del factor de estudio es controlada; cuya finalidad es evaluar la estabilidad del color de materiales empleados para coronas provisionales de acrílico polimetilmetacrilato (PMMA) mediante el empleo de un espectrofotómetro dental, con dos tipos de sustratos distintos, comparando en qué medida las distintas tinciones y técnicas de fabricación empleadas pueden influir en el resultado final.

Para las mediciones del color se hará referencia a la escala CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) para individuar los parámetros $L^*a^*b^*$ descritos anteriormente, mientras que el espectrofotómetro empleado fue el VITA Easyshade V (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemania). Se realizaron los siguientes pasos para la fabricación de las muestras. En primer lugar, se escaneó un tipodonto modelo Basic de KaVo (KaVo Dental, Biberach, Alemania) para prácticas pre-clínicas con un incisivo central para tener una réplica de la corona previa al tallado. Para el escaneado del modelo, se empleó el escáner intraoral 3Shape TRIOS 4 (3Shape®, Copenhagen, Dinamarca) (Fig.7), se escaneó el incisivo central en posición 1.1 tapando los alvéolos de dientes adyacentes con plastilina (Fig.8a).



Figura 7: Escáner intraoral con cable 3Shape TRIOS 4.

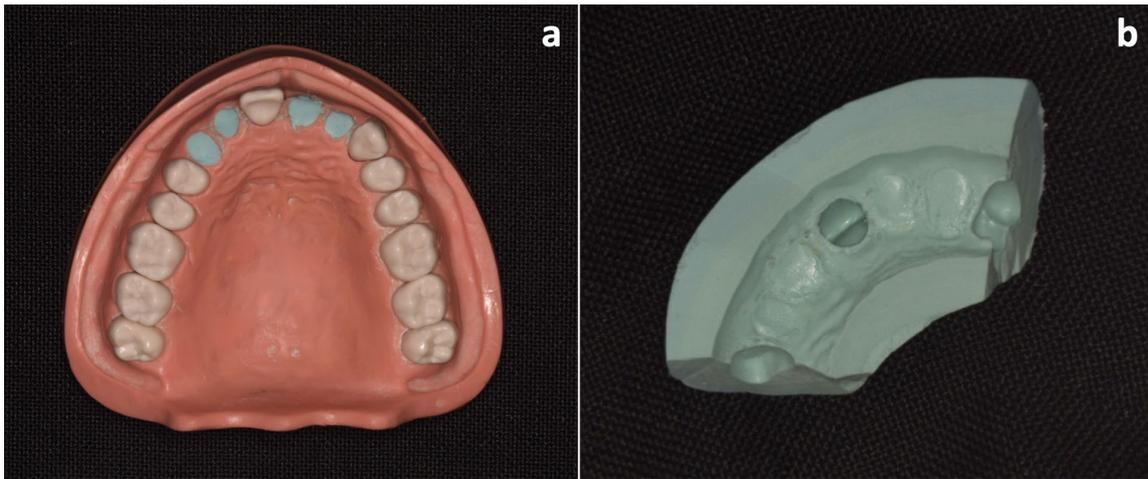


Figura 8: Tipodonto KaVo Basic a la izquierda (a), llave de silicona del incisivo central a la derecha (b).

Después de escanear el modelo, se empleó vinilpolisiloxano (Silicona de Adición Putty Soft, Bestdent, CHL Medical Solutions, Milán, Italia) para realizar una llave de silicona del modelo (Fig.8b) para la posterior fabricación de las coronas provisionales con técnica manual convencional.

A continuación se realizó el tallado del diente con chamfer de 0.7 mm con una fresa de diamante 856 grano fino (Fresa 856-ML23467, Medicaline, Castellón, España) de 1.2 mm de acuerdo con las indicaciones para tallado estándar para corona total-cerámica descritas por Shillingburg (Fig.9a) (6). Después de realizar el tallado del diente, se escaneó el muñón (Fig.9b) para la posterior obtención de dos réplicas fabricadas con técnica de impresión digital.

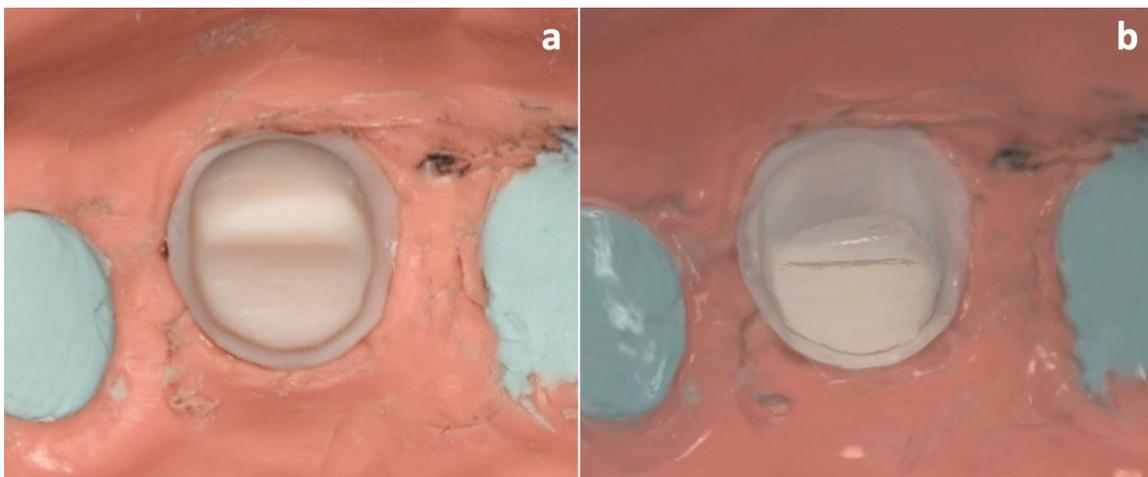


Figura 9: Tallado del incisivo central en el tipodonto a la izquierda (a); escaneado con 3Shape TRIOS 4 a la derecha (b).

Para la impresión de las muestras, se modeló el escaneado del muñón previamente tallado en el software Autodesk Meshmixer versión 3.5 (Meshmixer, Autodesk Inc., San Francisco, California) para realizar un zocalado digital (Fig.10a), y se procesó el modelo obtenido con el software Chitubox versión 1.9.4 (Chitubox, Shenzhen, China) (Fig.10b).

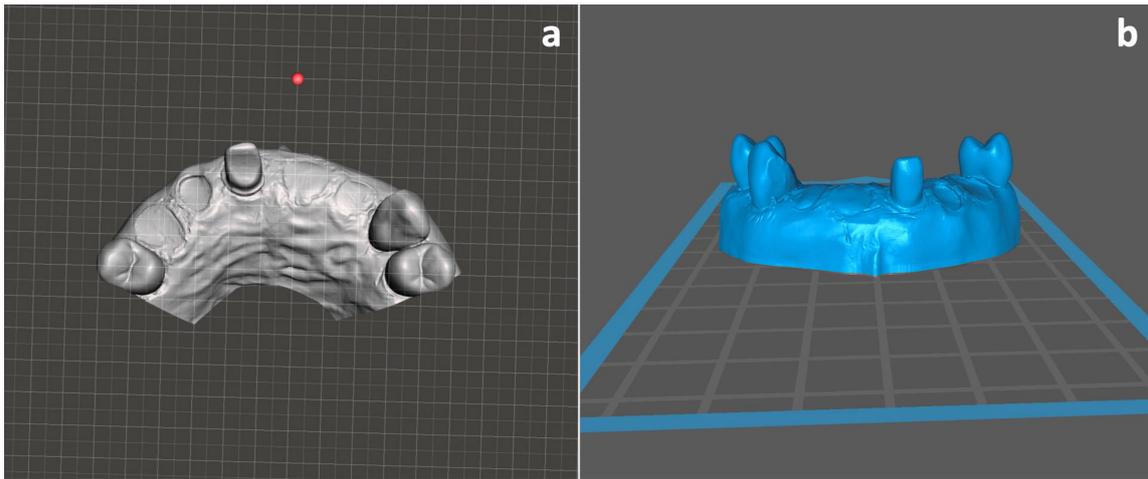


Figura 10: Zocalado del modelo digital en el software Autodesk Meshmixer versión 3.5 (a), y procesado del modelo obtenido con el software Chitubox versión 1.9.4 (b).

El doble procesado en los dos programas fue necesario para poder exportar el archivo STL del modelo a un formato CTB legible por el software de la impresora digital Elegoo Mars Pro (Elegoo, Shenzhen, China) (Fig.11). Las impresoras Elegoo de fotocurado LCD (liquid crystal display) presentan fuente de luz LED (light-emitting diode) de matriz UV (luz ultravioleta), presenta un tanque de resina de remodelado para verter la resina fotopolimerizable y un puerto USB en el frente para introducir los archivos de impresión. La fuente de luz consta de 28 luces LED UV de 50W que emiten luz de manera uniforme.



Figura 11: Impresora digital ELEGOO Mars Pro de fotocurado LCD con fuente de luz LED de matriz UV.

Para la impresión, se emplearon dos fotopolímeros de resina Elegoo LCD UV (Elegoo, Shenzhen, China) para fabricar unas réplicas del modelo tallado. Una de las réplicas se fabricó con fotopolímero negro (Fig.12a) para simular un muñón con sustrato desfavorable, mientras que la otra se fabricó empleando un fotopolímero blanco (Fig.12b) para simular un sustrato favorable. Esas

réplicas del muñón original, fueron luego procesadas en Isopropanol (Alcohol Isopropilico 99,9%) y sirvieron como apoyo para la prueba de nuestras coronas provisionales.

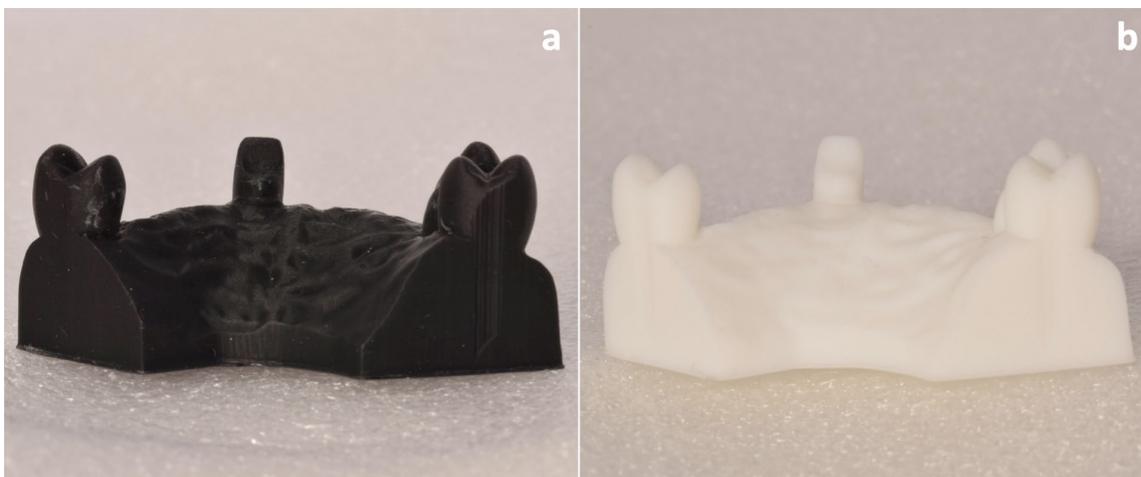


Figura 12: Réplicas impresas del modelo tallado, muñón negro para simular un sustrato desfavorable (a) y muñón blanco para simular un sustrato favorable (b).

5.1.1 Fabricación coronas provisionales

Se empleó la llave de silicona previamente obtenida para realizar las coronas provisionales de forma manual con técnica convencional (a partir de ahora: coronas convencionales). Se empleó acrílico polvo-líquido Anaxdent New Outline (Anaxdent, Stuttgart, Alemania) color A2 (Fig.13a). Se mezclaron en un vaso dapen 2g de polvo en 1mL de líquido durante 1 minuto (siendo 2 minutos el tiempo máximo de trabajo según fabricante), y se vertió el compuesto obtenido en la llave de silicona.

Se aplicó vaselina pura (Betafar, Laboratorios Betamadrileño, Getafe, España) como separador en el muñón del modelo tallado y se adaptó la llave de silicona en el modelo dejando fraguar el acrílico durante 3 minutos como recomendado por el fabricante. Al termine de la primera fase térmica, se removió el provisional junto a la llave de silicona y se volvió a colorar varias veces realizando movimientos de entrada y salida durante un total de 1,5 minutos, periodo en el que el material atraviesa su fase elástica.

Por último, se dejó el provisional otros 2 minutos para que terminara el proceso de polimerización encima del muñón. En fin, se extrajo el provisional cuidadosamente de la llave de silicona y se realizó el pulido de la corona con discos 3M Sof-Lex (3M ESPE, St. Paul, MN, EE.UU.) de grano medio y fino, y acabado con cepillo para micromotor y pasta diamantada Shiny A 3 μ m (Enamel Plus, Micerium, Barcelona, España) (Fig.13b).

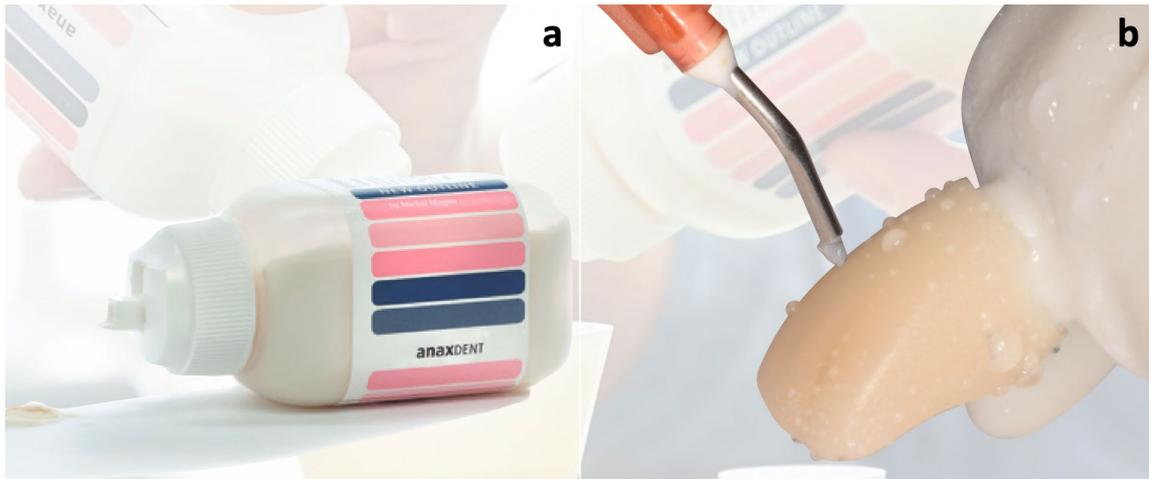


Figura 13: Coronas provisionales convencionales: PMMA polvo-líquido Anaxdent (a); aplicación pasta diamantada (b).

Por otro lado, gracias al pre-escaneado del modelo obtenido con el TRIOS 4, el laboratorio dental Prótesis S.A. (Prótesis Dentales, Madrid, España) fue capaz de realizar un encerado digital de la corona provisional del diente 1.1 mediante best fit de los escaneados pre- y post-tallado, para posteriormente fabricar las coronas de acrílico mediante CAD/CAM. Se pidió realizar las coronas provisionales de acrílico mediante dos procesos de fabricación: uno fresado y otro impreso.

Las coronas fresadas se realizaron empleando bloques de resina PMMA Telio CAD (Ivoclar Vivadent, Mississauga, Ontario) color A2 con una fresadora CORiTEC 350i Loader PRO (IMES-ICORE GmbH, Eiterfeld, Germany) de 5 ejes (Fig.14). Mientras que las coronas impresas se fabricaron con resina fotopolimerizable Freeprint Temp A2 (DETAX, Ettlingen, Germany) para coronas y puentes provisionales, con una impresora 3D Microlay Versus (Microlay, Madrid, España) (Fig.15). El pulido de las coronas CAD/CAM fue realizado previamente a su entrega por el laboratorio dental.

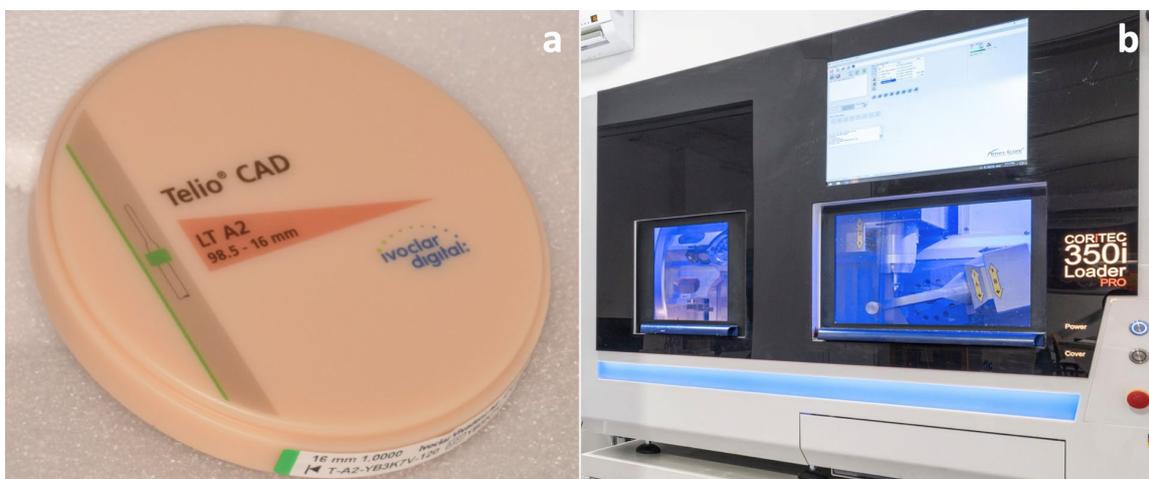


Figura 14: Fabricación coronas provisionales fresadas: placa Telio CAD A2 (a); fresadora CORiTEC Loader PRO (b).



Figura 15: Fabricación coronas impresas: resina líquida Freeprint Temp A2 (a); impresora Microlay Versus (b).

5.1.2 Empleo de las tinciones y organización de las muestras

Según los estudios estadísticos analizados para nuestro trabajo, se considera un tamaño muestral de 12 coronas provisionales por cada subgrupo de coronas tratadas con 4 diferentes tinciones (20). En un grupo se empleó vino tinto Tempranillo 15% de volumen (Licinia, 2016, D.O. Vinos de Madrid, Madrid, España) cuyo color ha sido descrito como rojo cereza muy intenso (La guía maestra del vino - Edición Magnum, Justin Hamma, Avery Publishing Group, 2022). Otro grupo fue tratado con café colombiano 100% arábica (Quality Roasters Coffees, Requena, España) de tueste oscuro. En otro grupo se empleó té negro Tetley (Grupo Varma, La Granja, España). Por último, en otro grupo se empleó un refresco de cola (Coca-Cola®, Atlanta, Estados Unidos).

Eso nos da un total de 48 muestras por cada grupo de coronas provisionales. Se pudieron entonces dividir las muestras en 3 grupos según el método de fabricación:

Grupo A: provisionales obtenidos mediante fresado CAD/CAM (n=48)

Grupo B: provisionales obtenidos mediante impresión digital 3D (n=48)

Grupo C: provisionales obtenidos mediante técnica convencional (n=48)

De acuerdo con los parámetros del estudio, se destacaron una variable independiente, que fue el material empleado (PMMA fresado, impreso o convencional) y una variable dependiente, que fue el cambio de color medido con el espectrofotómetro VITA Easyshade. Ese cambio de color se determinó calculando el delta E (ΔE), como describiremos a continuación.

Antes de emplear las tinciones, todas las muestras pasaron por un proceso de termociclado. El termociclado se emplea ampliamente para simular el envejecimiento fisiológico de los materiales

de restauración odontológicos al someterlos a exposiciones cíclicas repetidas a diferentes temperaturas. Se ha observado que 10'000 termociclos corresponden a 1 año de función clínica (21). Nuestro objetivo es comprobar los efectos de las diferentes sustancias en los provisionales después de haberlos sometidos a un total de 1'000 termociclos, correspondientes a 5 semanas de función.

Se empleó por lo tanto un termociclador Bio-Rad Mycycler 563BR (Bio-Rad, Hercules, California, USA) que consta de una bandeja para pocillos sometidos a cambios de temperaturas perpetuados durante un número de ciclos preestablecido (Fig.16a). Normalmente, el modelo empleado para realizar el termociclado presentaría dos baños de agua a temperaturas distintas, conectados por un sistema de movimiento automático de las muestras. Sin embargo, al poder acomodar las muestras en pocillos de 1.5mL, empleamos un modelo con una sola bandeja, configurando el siguiente programa: 30s a 5°C, 30s a 55°C durante 1000 ciclos (Fig.16b). Los pocillos se llenaron con saliva artificial como explicado más adelante y se colocaron en la bandeja de la termocicladora con las muestras.

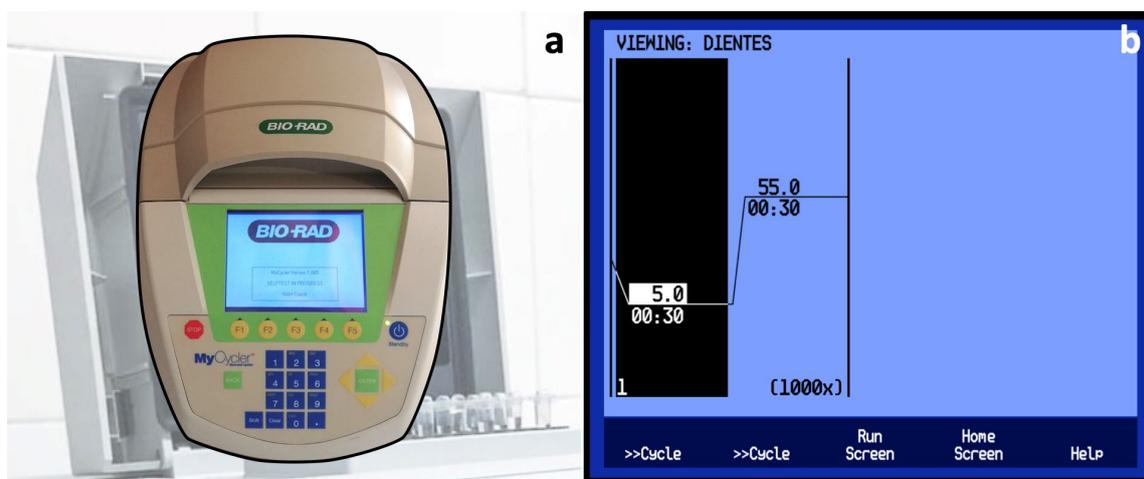


Figura 16: Termocicladora Bio-Rad Mycycler Termociclador 563BR (a); programa empleado para las muestras (b).

Después de pasar por el proceso de termociclado, para evaluar la estabilidad del color en las diferentes soluciones, las muestras se dividieron en 4 subgrupos (n=12) correspondientes a las tinciones empleadas: vino, café, té, Coca-Cola. Se empleó saliva artificial para simular las condiciones húmedas de la boca, siguiendo la siguiente fórmula para 1L de solución:

- Cloruro sódico NaCl 0.1%
- Metilcelulosa $C_6H_7O_2(OH)_x(OCH_3)_y$ 1.3%
- Cloruro de benzalconio solución al 50% $C_6H_5CH_2N(CH_3)_2RCl$ 0.02%

- Sacarina sódica C7H5NO3S 0.01%
- Timol C10H14O 0.01%
- Esencia de menta 0.04%
- Agua destilada CSP 10mL

Las tinciones se mezclaron con la saliva artificial fabricada en una proporción 50/50 tinción-saliva, obteniendo así los siguientes subgrupos:

Subgrupo 1: saliva artificial y vino (n=12)

Subgrupo 2: saliva artificial y café (n=12)

Subgrupo 3: saliva artificial y té (n=12)

Subgrupo 4: saliva artificial y Coca-Cola (n=12)

Cada subgrupo fue formado por 12 coronas provisionales de acrílico por un total de 48 coronas por cada grupo (48 fresadas, 48 impresas, 48 convencionales). Se pueden observar los grupos definitivos en el organigrama a continuación con un total de 12 grupos (Tab.1):

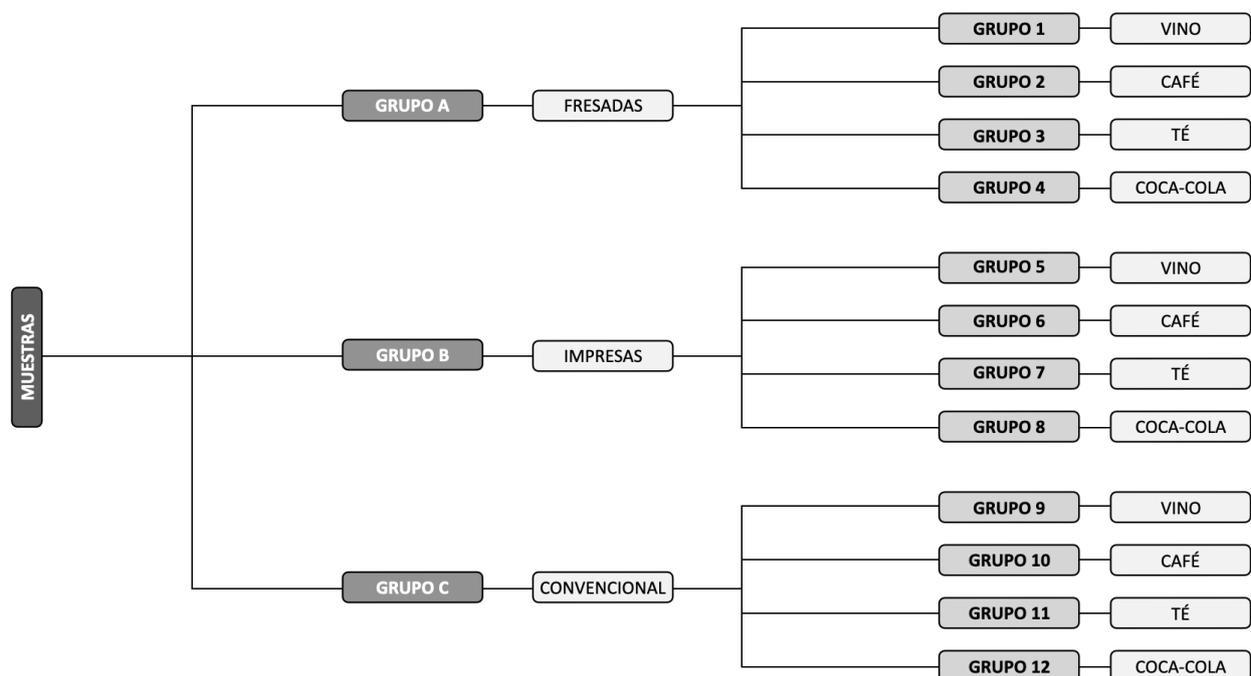


Tabla 1: Organigrama de los grupos del estudio.

Cabe destacar que esta clasificación hace referencia a los grupos de materiales y tinciones empleados. Sin embargo, las mediciones y los resultados obtenidos se duplicarán al realizarse en dos muñones con sustratos diferentes: uno blanco (favorable) y otro negro (desfavorable). De tal manera que para diferenciar entre los resultados obtenidos en cada grupo estudiado para los dos

sustratos, se aplicará un sufijo de “Gb” (grupo blanco) y “Gn” (grupo negro), pudiéndose entonces identificar los grupos definitivos de la siguiente manera (Tab.2):

		SUSTRATO FAVORABLE (BLANCO)		SUSTRATO DESFAVORABLE (NEGRO)	
FRESADAS	Gb1	VINO	Gn1	VINO	
	Gb2	CAFÉ	Gn2	CAFÉ	
	Gb3	TÉ	Gn3	TÉ	
	Gb4	COCA-COLA	Gn4	COCA-COLA	
IMPRESAS	Gb5	VINO	Gn5	VINO	
	Gb6	CAFÉ	Gn6	CAFÉ	
	Gb7	TÉ	Gn7	TÉ	
	Gb8	COCA-COLA	Gn8	COCA-COLA	
CONVENCIONALES	Gb9	VINO	Gn9	VINO	
	Gb10	CAFÉ	Gn10	CAFÉ	
	Gb11	TÉ	Gn11	TÉ	
	Gb12	COCA-COLA	Gn12	COCA-COLA	

Tabla 2: Grupos definitivos divididos por sustrato favorable (Gb) y desfavorable (Gn).

Se conservaron entonces las muestras en contenedores de 1,5mL, diferenciándolas entre sí por letra y número. El grupo de coronas fresadas se nombró F, el de coronas impresas se nombró P, y el de convencionales C, numerando cada grupo de 1 a 48 como observamos a continuación (Fig.17).



Figura 17: Muestras guardadas en contenedores de 1,5mL sumergidas en la totalidad de la corona clínica.

5.1.3 Evaluación del cambio de color

Las muestras se almacenaron sumergidas en las soluciones descritas a temperatura ambiente y se realizaron mediciones con el espectrofotómetro VITA Easyshade V según las instrucciones del fabricante para determinar el cambio de color (ΔE) en 6 tiempos distintos. Siendo T0 la situación inicial antes del termociclado, pero 24 horas después de su inmersión en saliva artificial, para que las muestras alcancen el 100% de hidratación como descrito por Yilmaz (22), T1 la situación post-termociclado, T2 una semana, T3 dos semanas, T4 tres semanas y T5 cuatro semanas después de haber estado sumergidas en la solución.

Antes de realizar las mediciones, se realizó un retenedor de acrílico transparente vestibular usando como base el modelo inicial sin tallado, se realizó una perforación circular en el centro de la corona clínica del incisivo central, con un radio de 7mm de longitud, para poder posicionar el espectrofotómetro en la misma posición en cada toma (Fig.18). Cada muestra se lavó con agua destilada durante 30 segundos y se limpió suavemente con un cepillo de dientes de cerdas suaves para eliminar posibles sedimentos sueltos resultantes de la solución. En cada muestra se realizaron 3 mediciones con el espectrofotómetro y se transcribieron las medias resultantes de los valores de L^* , a^* y b^* . Se realizó calibración del espectrofotómetro de acuerdo con las instrucciones del fabricante entre cada medición. El cambio de color se calculó en cada intervalo empleando la siguiente fórmula:

$$\Delta E = \sqrt{(L_f^* - L_i^*)^2 + (a_f^* - a_i^*)^2 + (b_f^* - b_i^*)^2}$$

Donde ΔE representa el cambio de color en todas las dimensiones y L^* , a^* y b^* representan cambios de color a lo largo de los ejes individuales. Cuanto más alto el ΔE , mayor el cambio obtenido.



Figura 18: Retenedor de acrílico transparente vestibular para la toma de color.

5.2 Análisis estadístico

Las muestras del estudio presentan una variable independiente cualitativa nominal (el material empleado) y una variable cuantitativa normal (el cambio de color o ΔE). Eso implica que hay que emplear pruebas para análisis de variancia para comparaciones de medias. En nuestro caso empleamos el test de ANOVA para la comparación de múltiples variables. Es una prueba paramétrica indicada para el análisis de variables independientes suponiendo igualdad de variancia. Donde encontramos resultados estadísticamente significativos, se aplicó el test Post Hoc de comparación, para determinar cuál de las variables analizadas influye en los resultados obtenidos. En todos los casos, el nivel de significancia fue $p < 0.05$.

5.3 Estrategia de búsqueda

Se implementó una estrategia exhaustiva de búsqueda en cada una de las bases de datos utilizadas con el fin de identificar los estudios relevantes para la revisión bibliográfica. Las bases de datos examinadas incluyeron PubMed, Evidence Based Dentistry, Revista de práctica dental basada en evidencia (hasta mayo de 2023), Lilacs, Science Direct y Cochrane Collaboration. Utilizamos PubMed para encontrar los términos de búsqueda específicos (términos MeSH) correspondientes a cada tema de interés. Además, no todos los artículos utilizaron estos términos de manera común. En fin, los límites y filtros de cada base de datos fueron distintos, con lo cual se personalizó la búsqueda de cada una individualmente (Tab.3).

Términos MeSH empleados		
Database	Combination of terms used	Filters and limits
PubMed	(((((color stability) AND (temporary crown)) AND (cad/cam)) OR (direct)) AND (PMMA))	Publication date: From 2003 Article types: Meta-Analysis, Multicenter Study, Randomized Controlled Trial, In Vitro Studies, Systematic Reviews, Reviews Filters: Full Text
Lilacs	(((((color stability) AND (temporary crown)) AND (cad/cam)) OR (direct)) AND (PMMA))	Publication date: From 2003 Filters. Full Text
Science Direct	(((((color stability) AND (temporary crown)) AND ((cad/cam) OR (direct)))) AND (PMMA))	Publication date: From 2003 Article types: Review articles, Research articles, Encyclopedia, Book chapters

Cochrane Library	color stability AND dental temporary crown AND cad cam OR direct AND PMMA	Publication date: From 2003
EBD	color stability AND dental temporary crown AND cad cam OR direct AND PMMA	Journals: Evidence-Based Dentistry Language: English

Tabla 3: Combinación de términos empleados para cada base de datos.

5.3.1 Búsqueda de otros recursos: búsqueda manual

Con el fin de prevenir posibles imprecisiones en las bases de datos electrónicas o la exclusión de artículos de revistas no presentes en dichas bases, se realizó una búsqueda complementaria manual. Esta búsqueda manual se enfocó en revisar todas las referencias bibliográficas de los estudios relevantes encontrados en la búsqueda electrónica. Asimismo, se revisaron los textos completos de los trabajos que presentaban potencial interés.

5.3.2 Parámetros de inclusión y exclusión

Los parámetros de inclusión y exclusión empleados en la presente revisión bibliográfica vienen detallados a continuación (Tab.4).

Crterios de inclusión	Crterios de exclusión
Revistas odontológicas de impacto	Estudios antiguos, no actualizados (>20a)
Ensayos clínicos in vivo o in vitro	Fuentes no indexadas
Artículos en inglés y español	Información no pertinente al tema

Tabla 4: Parámetros de inclusión y exclusión del estudio.

5.3.3 Contactar con los autores de los estudios

Con el objetivo de detectar la presencia de investigaciones tanto publicadas como no publicadas que no estuvieran registradas en las bases de datos electrónicas, se procedió a establecer contacto, en la medida de lo posible, con los autores de los estudios relevantes y potencialmente relevantes identificados en las bases de datos electrónicas y en la búsqueda manual. Se intentó establecer una comunicación directa con dichos autores con el fin de recopilar información adicional

y acceder a estudios que pudieran no estar fácilmente disponibles en las fuentes electrónicas convencionales.

5.3.4 Recogida de datos y análisis

Se realizó una revisión crítica de carácter científico de los estudios seleccionados para elegibilidad en el presente trabajo. Se emplearon para ello los cuestionarios del *Critical Appraisal Skills Programme (CASP)* de la *Public Health Resource Unit* (2006). Esta evaluación crítica fue realizada por dos evaluadores independientes que no tuvieron acceso a las evaluaciones previas. Las discrepancias en las evaluaciones fueron discutidas hasta llegar a un consenso. Además, se consideró que los estudios que obtuvieron una puntuación negativa en más de la mitad de las preguntas del cuestionario CASP tenían un alto riesgo de sesgo. Por lo tanto, solo se incluyeron en el análisis final de esta revisión aquellos ensayos cuyas evaluaciones CASP superaron el 50%. (25).

Ambos revisores llevaron a cabo una evaluación cualitativa utilizando la herramienta de Colaboración Cochrane para evaluar el riesgo de sesgo. Esta herramienta se compone de cinco criterios que fueron evaluados: (1) asignación de secuencia aleatoria, (2) ocultamiento de la asignación, (3) cegamiento en la evaluación de resultados, (4) datos de resultados incompletos y (5) presentación selectiva de resultados. Durante el análisis, se marcó como riesgo bajo todo tipo de estudio que cumplía con todos los criterios marcados anteriormente, riesgo moderado cuando uno o más puntos quedaban poco claros ("unclear") y riesgo alto cuando alguno de los criterios era ausente. En relación a este estudio, los resultados se presentaron en el gráfico a continuación (Tab.5):

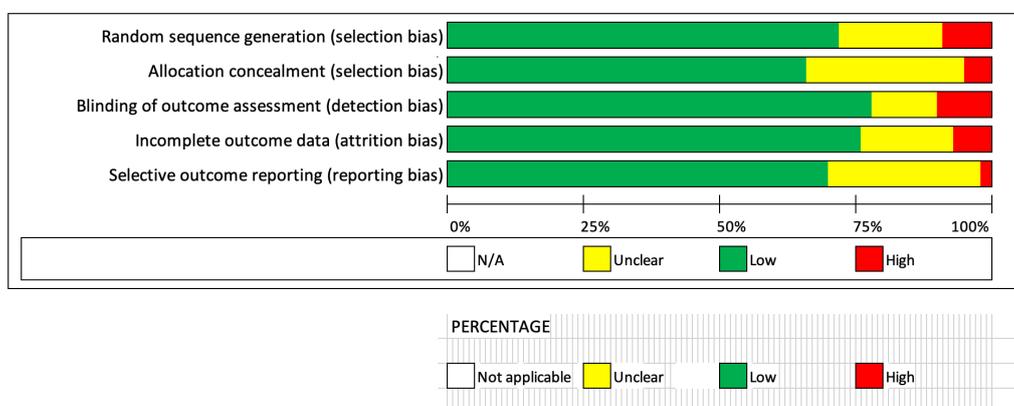


Tabla 5: Diagrama de Riesgo de Sesgo (Risk of Bias).

6. RESULTADOS

6. Resultados

6.1 Análisis de datos

Los resultados obtenidos se trasladaron a un documento Excel para su posterior transcripción en tablas representativas con las medias de cada medición realizada con el espectrofotómetro para cada grupo de estudio. Se evaluaron un total de 144 coronas de PMMA para el presente estudio, y se dividieron en dos grupos, uno con sustrato favorable y otro con sustrato desfavorable, realizando por lo tanto dos tablas de Excel, por un total de 288 mediciones. Se empleó el espectrofotómetro dental VITA Easyshade para cuantificar el color de la muestra mediante unas coordenadas numéricas y se transcribieron los valores de L^* , a^* y b^* . Mediante una fórmula matemática se midió en el documento de Excel el cambio de color calculando el ΔE empleando la fórmula descrita anteriormente.

6.1.1 Coronas provisionales con sustrato desfavorable

Las mediciones realizadas para las coronas con sustrato desfavorable se recopilaron en unas tablas Excel, se obtuvo una media de cada valor medido (L^* , a^* y b^*) y se transcribió el resultado generado, calculando las medias del ΔE de semana en semana y el ΔE generado desde el tiempo inicial (T0) hasta el tiempo final (T5) para cada material empleado (fresado, impreso y convencional con técnica directa). Además, se realizó un análisis descriptivo de los valores obtenidos.

Comparando los resultados obtenidos para las coronas provisionales fresadas con sustrato desfavorable, podemos observar que el mayor cambio y el valor más alto del ΔE ocurre en la cuarta semana (Tab.6). Además, aunque los cambios semanales no sean evidentes, se puede determinar un cambio visible entre T0 y T5, con un valor ΔE superior a 2, lo cual como expuesto anteriormente indica un cambio perceptible para el ojo humano. En el análisis descriptivo (Tab.7), se observa que el grupo con los valores ΔE más altos es el de vino con una media de 3.03, esto es evidente en el boxplot a continuación (Tab.8).

Cambio color PMMA fresado con sustrato desfavorable						
	T0-1	T1-2	T2-3	T3-4	T4-5	T0-5
Gn1	0,6	0,5	0,7	0,5	0,8	3,0
Gn2	0,6	0,4	0,5	0,4	0,5	2,4
Gn3	0,7	0,4	0,4	0,4	0,3	2,1
Gn4	0,7	0,5	0,5	0,5	0,4	2,6

Tabla 6: Medias ΔE obtenidas en cada tiempo para el PMMA fresado con sustrato desfavorable.

Cambio color PMMA fresado con sustrato desfavorable				
	Café	Coca-Cola	Té	Vino
Número	12	12	12	12
Media ΔE	2.400	2.650	2.108	3.033
Desv. Est.	0.310	0.151	0.297	0.281
Mínimo	1.900	2.500	1.700	2.400
Máximo	2.900	2.900	2.700	3.400

Tabla 7: Análisis descriptivo de los valores ΔE obtenidos en el grupo de PMMA fresado con sustrato desfavorable.

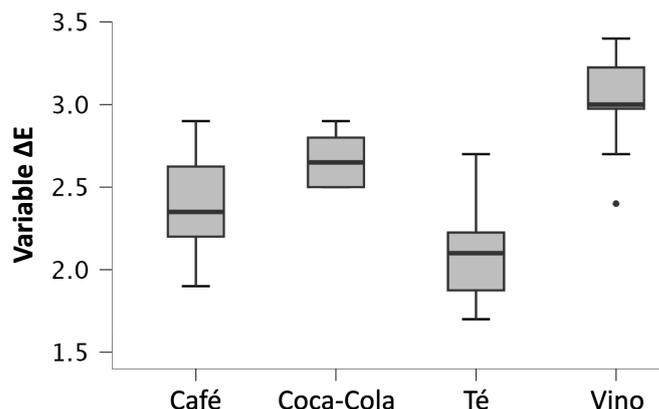


Tabla 8: Boxplot de los resultados obtenidos en el grupo de PMMA fresado con sustrato desfavorable.

Asimismo, comparando los resultados obtenidos para el PMMA impreso con sustrato desfavorable, se observa que el mayor cambio y el valor más alto del ΔE ocurre en la cuarta semana (Tab.9). Determinando un cambio visible entre T0 y T5, con valores ΔE superiores a 2. Mientras que en el análisis descriptivo (Tab.10), se observa que el grupo con los valores ΔE más altos, también es el de vino con una media de 6,4, visible en el boxplot mostrado a seguir (Tab.11).

Cambio color PMMA impreso con sustrato desfavorable						
	T0-1	T1-2	T2-3	T3-4	T4-5	T0-5
Gn5	0,8	1,1	1,6	1,5	2,2	7,2
Gn6	0,8	1,1	1,2	1,2	1,2	5,5
Gn7	0,7	1,0	0,8	0,9	0,8	4,2
Gn8	0,9	1,1	1,1	1,1	1,2	5,3

Tabla 9: Medias ΔE obtenidas en cada tiempo para el PMMA impreso con sustrato desfavorable.

Cambio color PMMA impreso con sustrato desfavorable				
	Café	Coca-Cola	Té	Vino
Número	12	12	12	12
Media ΔE	0.425	0.363	0.443	0.511
Desv. Est.	4.700	4.600	3.600	6.400
Mínimo	6.000	5.800	5.100	8.100
Máximo	0.425	0.363	0.443	0.511

Tabla 10: Análisis descriptivo de los valores ΔE obtenidos en el grupo de PMMA impreso con sustrato desfavorable.

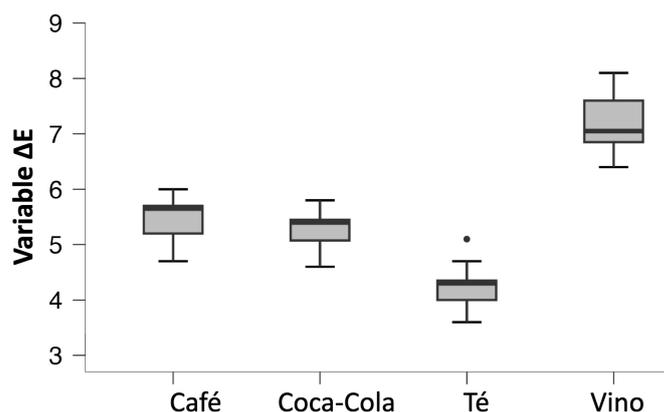


Tabla11: Boxplot de los resultados obtenidos en el grupo de PMMA fresado con sustrato desfavorable.

Los mismos resultados se pueden observar en el grupo de PMMA convencional con técnica directa, con el mayor cambio y el valor más alto del ΔE en la cuarta semana (Tab.12). El grupo que presenta más cambios también es el de vino, como podemos ver en el análisis descriptivo (Tab.13) con una media de 9.05, también evidente en el boxplot abajo (Tab.14).

Cambio color PMMA convencional con sustrato desfavorable						
	T0-1	T1-2	T2-3	T3-4	T4-5	T0-5
Gn9	1,6	1,4	1,1	1,5	4,3	9,1
Gn10	1,1	1,1	1,1	1,1	2,9	6,9
Gn11	1,0	0,7	1,0	0,7	1,8	5,1
Gn12	1,1	1,3	1,1	1,3	2,8	7,2

Tabla 12: Medias ΔE obtenidas en cada tiempo para el PMMA convencional con sustrato desfavorable.

Cambio color PMMA convencional con sustrato desfavorable				
	Café	Coca-Cola	Té	Vino
Número	12	12	12	12
Media ΔE	6.867	7.242	5.092	9.050
Desv. Est.	0.542	0.827	0.348	0.560
Mínimo	6.100	6.100	4.400	8.300
Máximo	7.600	9.500	5.700	10.400

Tabla 13: Análisis descriptivo de los valores ΔE obtenidos en el grupo de PMMA convencional con sustrato negro.

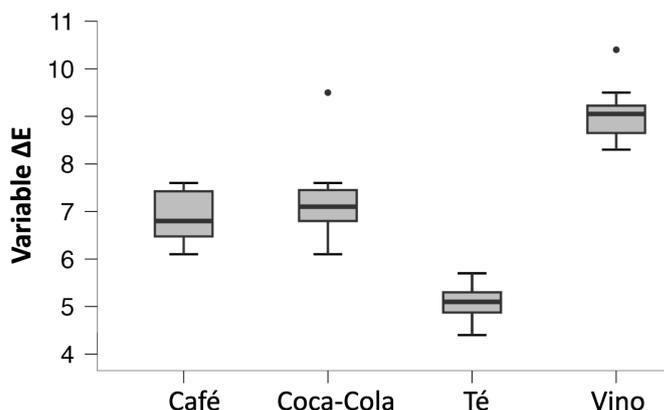


Tabla 14: Boxplot de los resultados obtenidos en el grupo de PMMA convencional con sustrato desfavorable.

6.1.2 Coronas provisionales con sustrato favorable

De la misma manera, las mediciones realizadas para las coronas con un sustrato favorable se registraron en tablas Excel, apuntando la media de cada valor ΔE desde el inicio (T0) hasta el final (T5). Nuevamente, se llevó a cabo un análisis descriptivo de los valores obtenidos.

También en las coronas provisionales fresadas con sustrato favorable, observamos el mayor cambio en la cuarta semana (Tab.15). En el análisis descriptivo (Tab.16), el grupo con los valores ΔE más altos es el de vino con una media de 3.32, como ilustrado en el boxplot a continuación (Tab.17).

Cambio color PMMA fresado con sustrato favorable						
	T0-1	T1-2	T2-3	T3-4	T4-5	T0-5
Gb1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	3,3
Gb2	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	2,9
Gb3	0,7	0,7	0,6	0,7	0,4	2,9
Gb4	0,6	0,5	0,5	0,5	0,7	2,8

Tabla 15: Medias ΔE obtenidas en cada tiempo para el PMMA fresado con sustrato favorable.

Cambio color PMMA fresado con sustrato favorable				
	Café	Coca-Cola	Té	Vino
Número	12	12	12	12
Media ΔE	2.917	2.758	2.933	3.317
Desv. Est.	0.321	0.595	0.442	0.364
Mínimo	2.400	1.800	2.300	2.500
Máximo	3.600	3.500	3.500	3.800

Tabla 16: Análisis descriptivo de los valores ΔE obtenidos en el grupo de PMMA fresado con sustrato favorable.

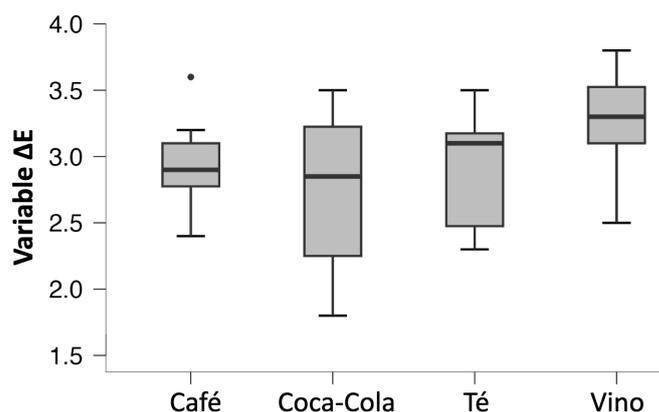


Tabla17: Boxplot de los resultados obtenidos en el grupo de PMMA fresado con sustrato favorable.

Asimismo, se observa que también el grupo de coronas provisionales impresas presenta el mayor cambio en la cuarta semana (Tab.18). Mientras que en el análisis descriptivo (Tab.19), se observa que el grupo con los valores ΔE más altos, también es el de vino con una media de 7.39 ilustrado en el boxplot a seguir (Tab.20).

Cambio color PMMA impreso con sustrato favorable						
	T0-1	T1-2	T2-3	T3-4	T4-5	T0-5
Gb5	0,7	1,3	1,6	1,7	2,1	7,4
Gb6	0,7	1,0	1,2	1,0	1,2	5,0
Gb7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,6	3,1
Gb8	0,7	0,9	1,2	1,2	1,6	5,5

Tabla 18: Medias ΔE obtenidas en cada tiempo para el PMMA impreso con sustrato favorable.

Cambio color PMMA fresado con sustrato desfavorable				
	Café	Coca-Cola	Té	Vino
Número	12	12	12	12
Media ΔE	5.017	5.492	3.058	7.392
Desv. Est.	0.369	0.315	0.247	0.574
Mínimo	4.300	5.000	2.700	6.300
Máximo	5.800	5.900	3.400	8.400

Tabla 19: Análisis descriptivo de los valores ΔE obtenidos en el grupo de PMMA impreso con sustrato favorable.

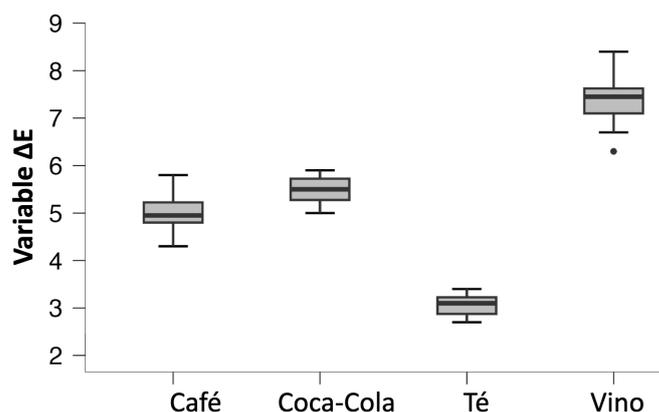


Tabla 20: Boxplot de los resultados obtenidos en el grupo de PMMA impreso con sustrato favorable.

Lo mismo podemos decir del PMMA convencional con técnica directa, con el mayor cambio y el valor más alto del ΔE en la cuarta semana (Tab.21). El grupo que presenta más cambios también es el de vino, como podemos ver en el análisis descriptivo (Tab.22) con una media de 9.18, también ilustrado en el boxplot abajo (Tab.23).

Cambio color PMMA convencional con sustrato favorable						
	T0-1	T1-2	T2-3	T3-4	T4-5	T0-5
Gb9	1,6	1,6	1,8	2,2	2,4	9,2
Gb10	1,0	1,1	1,3	1,5	1,8	6,8
Gb11	0,9	0,9	1,0	1,2	1,3	5,1
Gb12	1,0	1,3	1,8	2,1	2,2	8,4

Tabla 21: Medias ΔE obtenidas en cada tiempo para el PMMA convencional con sustrato favorable.

Cambio color PMMA fresado con sustrato desfavorable				
	Café	Coca-Cola	Té	Vino
Número	12	12	12	12
Media ΔE	6.833	8.450	5.125	9.183
Desv. Est.	0.342	0.474	0.362	0.241
Mínimo	6.300	7.500	4.400	8.700
Máximo	7.400	9.200	5.600	9.500

Tabla 22: Análisis descriptivo de los valores ΔE obtenidos en el grupo de PMMA convencional con sustrato favorable.

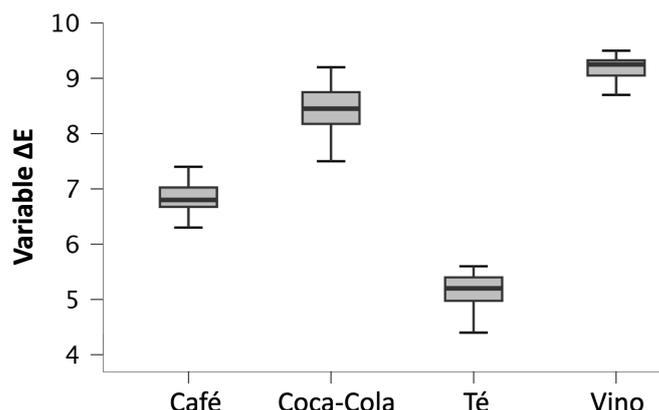


Tabla 23: Boxplot de los resultados obtenidos en el grupo de PMMA convencional con sustrato favorable.

Aquí también, en los tres materiales evaluados se observa que el mayor cambio sucede en la cuarta semana. El termociclado también afecta el color de la muestra, aunque en menor medida con respecto al cambio obtenido a las cuatro semanas con las tinciones. De la misma manera, los cambios obtenidos de semana en semana no son perceptibles, sin embargo hay un cambio evidente entre tiempo inicial y final, más marcado en los grupos de coronas impresas y convencionales.

En conclusión, el grupo que sufre el mayor cambio entre los tres materiales es el grupo de coronas convencionales, mientras que el grupo de coronas fresadas apenas presentó cambios con los dos sustratos. Las tablas con las mediciones de todas las muestras con sustrato favorable y desfavorable se encuentran disponibles en el apartado de anexos (Tab.31-32).

6.1.3 Cambio del color en los materiales empleados

Para comparar los materiales empleados entre sí, se decidió realizar un análisis descriptivo global de los resultados obtenidos tanto con el sustrato favorable, como con el sustrato favorable. Es decir, se excluyó el sustrato como variable, y solo se analizaron el material y las tinciones empleadas. En el análisis descriptivo mostrado a continuación (Tab.24) podemos observar como el material con los valores ΔE más altos es el PMMA convencional, destacando el grupo de vino, con una media de 9.12, seguido por el grupo de PMMA impreso y en fin fresado, que presenta una media

ΔE entorno al 3. En conclusión, se ha identificado que el vino es la sustancia cromógena que produce la mayor variación de color en los materiales evaluados, presentando los valores más altos de ΔE .

Análisis descriptivo de todos los materiales						
Material	Tinción	N	Media	SD	SE	Variación
Convencional	Café	24	6.850	0.443	0.090	0.065
	Coca-Cola	24	7.846	0.903	0.184	0.115
	Té	24	5.108	0.348	0.071	0.068
	Vino	24	9.117	0.427	0.087	0.047
Freso	Café	24	2.658	0.406	0.083	0.153
	Coca-Cola	24	2.704	0.428	0.087	0.158
	Té	24	2.521	0.559	0.114	0.222
	Vino	24	3.175	0.349	0.071	0.110
Impreso	Café	24	5.254	0.459	0.094	0.087
	Coca-Cola	24	5.392	0.348	0.071	0.064
	Té	24	3.642	0.692	0.141	0.190
	Vino	24	7.275	0.545	0.111	0.075

Tabla 24: Descriptiva de todos los materiales entre si, sin importar el sustrato.

Para determinar si los cambios obtenidos presentan valor estadístico, se empleó el test de ANOVA para comparación de variables múltiples (Tab.25). En primer lugar, se evaluó el factor sustrato. Sabemos que las tinciones tienen un impacto directo en el cambio de color, y esto ha resultado evidente con los resultados obtenidos con el análisis estadístico con un valor de $p < 0.05$. Sin embargo, podemos observar cómo los dos grupos de sustratos no presentan diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la estabilidad del color del acrílico, presentando un valor $p > 0.05$, pudiendo entonces aceptar la hipótesis nula de nuestro trabajo. Es decir, el sustrato no influye en el cambio de color de las coronas provisionales.

Test de ANOVA para las variables de sustrato y tinción					
Casos	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Sustrato	1.742	1	1.742	0.434	0.511
Tinción	280.881	3	93.627	23.298	< .001
Sustrato * Tinción	3.894	3	1.298	0.323	0.809
Residuals	1125.230	280	4.019		

Tabla 25: Test de ANOVA comparando los resultados obtenidos en los dos grupos de sustratos.

De la misma manera, se empleó el test de ANOVA para comparar los resultados entre sí, esta vez evaluando la influencia del material empleado con cada tinción en el cambio de color de las muestras (Tab.26). En este caso, se observa que hay resultados estadísticamente significativos en cuanto a la estabilidad del color de coronas provisionales, con una $p < 0.05$, es decir, el material empleado influye en el cambio de color a las cuatro semanas.

Test de ANOVA para las variables de material y tinción					
Casos	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Material	967.103	2	483.551	1810.735	< .001
Tinción	280.881	3	93.627	350.601	< .001
Material * Tinción	90.058	6	15.010	56.206	< .001
Residuals	73.705	276	0.267		

Tabla 26: Estabilidad del color entre materiales, con las medias y $p < 0,05$.

Al obtener resultados estadísticamente significativos para las variables material y tinción, pudimos emplear el test Post Hoc para determinar cuáles son los materiales y las tinciones que más diferencias aportan. Se rescontraron diferencias mayores en el grupo de PMMA convencional con técnica directa y en el grupo de vino (Tab.27-28) con respecto a los demás grupos. Esto coincide con los valores ΔE obtenidos en nuestro estudio. Es decir, el grupo que presentó más variación de color a las cuatro semanas fue el de coronas provisionales fabricadas con técnica convencional sumergidas en vino.

Post Hoc Comparisons - Material					
		Mean Difference	SE	t	p tukey
Convencional	Fresado	4.466	0.075	59.870	< .001
	Impreso	1.840	0.075	24.663	< .001
Fresado	Impreso	-2.626	0.075	-35.207	< .001

Tabla 27: Test Post Hoc comparando los tres materiales entre sí.

Post Hoc Comparisons - Tinción					
		Mean Difference	SE	t	p tukey
Café	Coca-Cola	-0.393	0.086	-4.564	< .001
	Té	1.164	0.086	13.514	< .001
	Vino	-1.601	0.086	-18.593	< .001
Coca-Cola	Té	1.557	0.086	18.077	< .001
	Vino	-1.208	0.086	-14.030	< .001
Té	Vino	-2.765	0.086	-32.107	< .001

Tabla 28: Test Post Hoc comparando las tinciones empleadas entre sí.

6.2 Estudios incluidos

Después de realizar una búsqueda electrónica y manual, se recopilaron un total de 552 artículos y 1 libro. Posteriormente, se analizaron los títulos y resúmenes de todos estos materiales, y se seleccionaron 50 estudios para una lectura completa. Finalmente, se incluyeron en la revisión un total de 27 estudios (26 artículos y 1 libro) que cumplieran con los criterios de inclusión y exclusión establecidos de manera detallada (Tab.29).

TABLA PRISMA

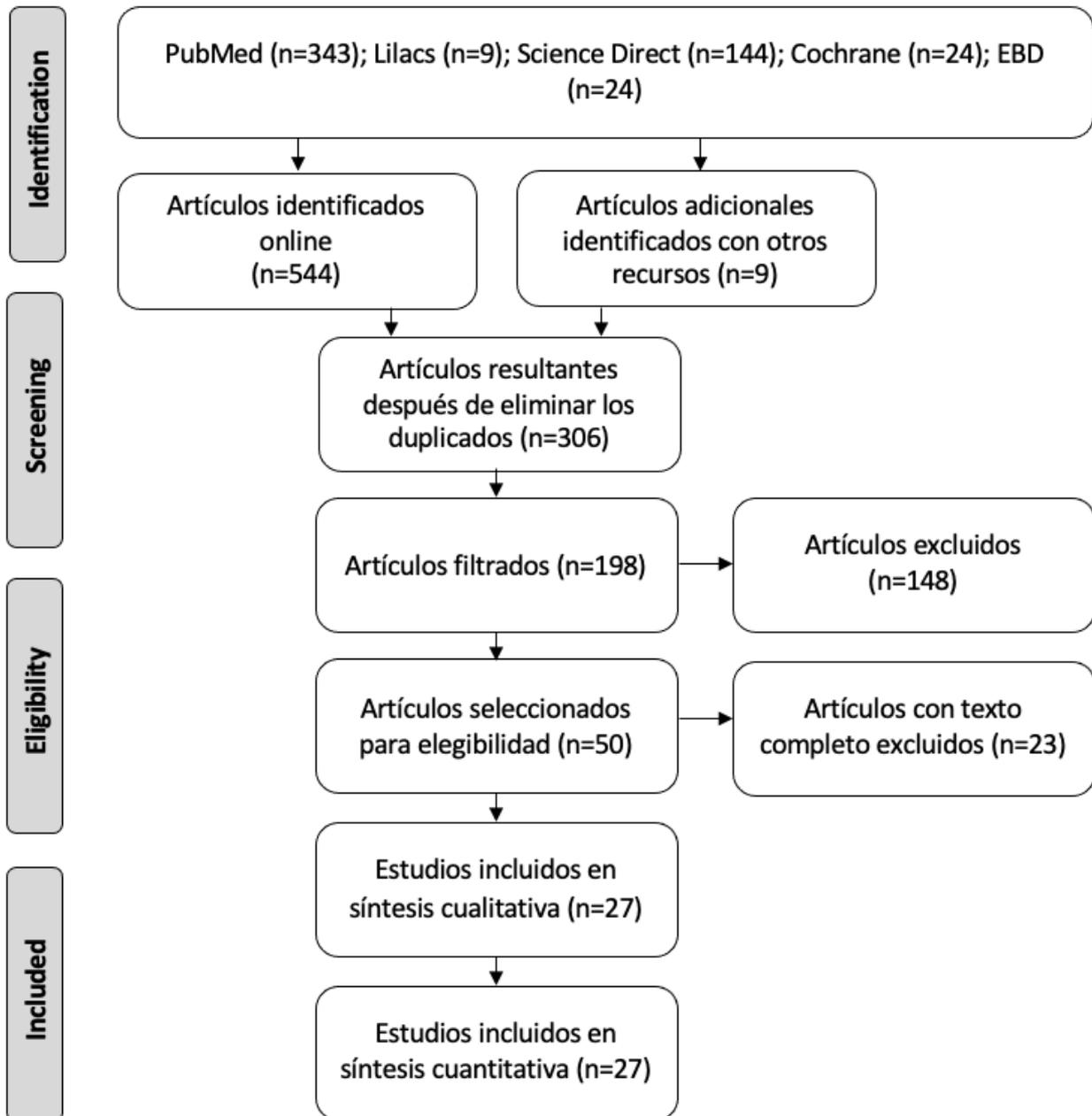


Tabla 29: Estrategia de búsqueda representada mediante diagrama de flujo.

7. DISCUSIÓN

7. Discusión

7.1 Discusión de la metodología del trabajo

En el presente estudio, se desarrolló un ensayo clínico experimental con el objetivo de determinar la estabilidad del color en coronas provisionales fabricadas con tres materiales distintos. Uno de los primeros problemas al cual nos enfrentamos durante la realización del trabajo, fue la selección de la muestra. Autores como Shin y colaboradores, seleccionaron una muestra más variada, compuesta por 3 bloques de acrílico CAD/CAM fresable, y 2 resinas para técnica de impresión 3D (23). Si bien por un lado no especifican el número de coronas fabricadas, es verdad que hay más diversidad en cuanto a materiales. No obstante, la diversidad de los materiales constituye un obstáculo para trabajos de comparación. Como ha demostrado en su estudio *in vitro*, Shenoy y colaboradores, debaten que emplear el mismo material ayuda a estandarizar los resultados obtenidos, comparando la estabilidad del color en discos de PMMA fabricados con dos materiales, uno fresado y otro impreso (20). Sin embargo, aunque los discos de acrílico puedan resultar más sencillos y rápidos de fabricar, no presentan ni forma ni propiedades físicas parecidas a las de una corona provisional. Givens y colaboradores, realizan un estudio en coronas provisionales, replicando un incisivo maxilar para analizar propiedades mecánicas y estabilidad del color, debatiendo que un estudio *in vitro* debería simular en la medida de lo posible condiciones fisiológicas de un entorno oral (24). Si bien nuestro estudio no analiza parámetros mecánicos, decidimos incluir el sustrato del muñón como variable de estudio, lo cual condicionó ulteriormente la elección del tipo de muestra. Al precisar de un muñón impreso, nos orientamos hacia la fabricación de coronas provisionales, y seleccionamos el PMMA como material de elección para estandarizar el tipo de muestra, cambiando exclusivamente el método de fabricación.

Sin embargo, es complicado simular la función masticatoria en un estudio *in vitro*. Para aproximarse al desgaste fisiológico de una corona provisional, muchos autores han propuesto el empleo de máquinas termocicladoras. El termociclado se ha utilizado ampliamente para simular el envejecimiento fisiológico de los materiales de restauración al someterlos a exposiciones cíclicas repetidas a diferentes temperaturas. El número de ciclos ha variado en diferentes estudios, y se ha observado que 10'000 termociclos corresponden a 1 año de función clínica (21). Yao y colaboradores, en su estudio *in vitro* evaluaron el efecto de diferentes tratamientos superficiales sobre la estabilidad del color de coronas provisionales fresadas e impresas después de 5'000 termociclos, simulando 6 meses de envejecimiento fisiológico (25). En nuestro estudio, empleamos

una termocicladora sometiendo las muestras a 1'000 termociclos, simulando entonces 5 semanas de función clínica.

7.2 Discusión de los resultados

Los resultados de nuestro estudio abrazan la hipótesis nula del presente trabajo. Eso implica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de sustrato evaluados. No hay estudios en la literatura que comparen diferentes sustratos en coronas provisionales. Sin embargo, Johnston y colaboradores, realizaron una revisión de la literatura sobre las propiedades de traslucidez de distintos materiales dentales (26). Ellos observaron que tanto en materiales estratificados como composites o en coronas de cerámica, el factor que más influye en el color del sustrato es el espesor del material. Esto parece concordar con los resultados obtenidos por Kamishima y colaboradores, los cuales realizaron un estudio sobre propiedades ópticas de composites estratificados (27). Observando que independientemente del sustrato, la traslucidez del material evaluado aumentaba a medida que disminuía el espesor de la restauración. No podemos comparar nuestros resultados con los de Johnston y Kamishima, ya que diferimos en cuanto a materiales empleados, es más, el espesor del material no es un parámetro evaluado en nuestro estudio. Sin embargo podemos coincidir en que el sustrato no influye en la estabilidad del color de nuestros provisionales. Podemos inferir que tiene más peso la preparación y la elección material en sí con respecto al tipo de sustrato.

Por otro lado, observamos una relación directa entre material empleado y cambios en el ΔE de nuestros provisionales. Shin y colaboradores, en su estudio in vitro, compararon la estabilidad del color de discos de materiales empleados para coronas y puentes provisionales fabricados mediante fresado e impresión digital (23). Al tratar su superficie con varias tinciones observaron un cambio evidente en las coronas impresas. Esto parece estar de acuerdo con los resultados obtenidos en nuestro estudio, donde las coronas fresadas no presentaron cambios clínicamente perceptibles en comparación con los demás grupos. Sin embargo, Shenoy y colaboradores realizaron un estudio en discos de PMMA, sometiéndolos a un total de 10'000 termociclos (20). Aunque obtuvieron resultados acordes con los nuestros, ellos consideran que el color de estos materiales de PMMA puede verse afectado por muchos factores ambientales así como intrínsecos del paciente, como la dieta, la higiene bucal, el uso de drogas y hábitos como fumar. Por lo tanto, los resultados obtenidos para la estabilidad del color de estos materiales deben usarse con precaución en la práctica clínica (20).

Asimismo, Haselton y colaboradores incluyeron en su estudio saliva artificial, observando que presentaba valores de ΔE mayores a grupos sin saliva artificial (1). Según su estudio, la mezcla de monómeros en algunas resinas puede ser perjudicial para la estabilidad del color en comparación con otras formulaciones de bisacrilato o las resinas de metacrilato menos complejas. Las variaciones químicas patentadas por los distintos fabricantes, la distribución del tamaño de las partículas de polimetilmetacrilato y la eficiencia del sistema iniciador para las resinas provisionales pueden dar lugar a diferentes grados de polimerización, absorción de agua y, en consecuencia, la estabilidad del color (1). La mayoría de los polímeros de PMMA tienen afinidad con el agua y otros líquidos. Esto justifica el empleo de saliva artificial en nuestro trabajo, ya que estas diferencias en la química pueden hacer que las resinas provisionales exhiban un rango de cambio de color u otro.

7.3 Limitaciones del estudio y futuras líneas de investigación

Aunque las tinciones no parecen provocar un cambio de color significativo, el pH de cada solución sigue afectando la superficie del material estudiado. En su ensayo clínico in vitro, Shin y colaboradores analizaron la superficie de cinco materiales con un microscopio electrónico de barrido (SEM) y observaron cómo la forma de la superficie era muy diferente según el método de procesamiento (23). En el caso de las muestras fabricadas mediante fresado, pudieron confirmar que quedan rastros de la fresa empleada durante el proceso de fresado y que la superficie microscópica también fue muy rugosa. Por otro lado, pudieron ver que la superficie obtenida a través de la impresión 3D es relativamente suave incluso en imágenes de gran aumento (23). Si bien evaluaron superficies sin pulir, el empleo del microscopio electrónico de barrido puede explicar qué ocurre en la superficie de nuestros materiales y por qué algunos presentan más variación de ΔE con respecto a otros materiales. Por lo tanto, sería interesante evaluar el efecto de los ácidos de las tinciones empleadas en la superficie de cada material. Además, sería interesante ampliar la muestra y evaluar más grupos de tinciones. El presente ensayo clínico abre el paso a más estudios y a más líneas de investigación.

8. DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

8. Declaración de responsabilidad

8.1 Aplicación clínica

El trabajo realizado cumple con los tres niveles principales de responsabilidad: ética, económica y ambiental. Se demuestra la relación entre el material empleado, el sustrato del muñón y la estabilidad del color.

9. CONCLUSIONES

9. Conclusiones

En función de los hallazgos encontrados en este estudio, podemos postular las siguientes conclusiones:

1. No hay diferencias estadísticamente significativas entre los dos sustratos evaluados en cuanto a la estabilidad del color.
2. Hay diferencias estadísticamente significativas entre los distintos materiales empleados con respecto a la estabilidad del color.
3. El grupo de material que exhibió más variación de ΔE fue el grupo de coronas provisionales fabricadas con técnica directa convencional.
4. El grupo de material que presentó mayor estabilidad del color fue el grupo de coronas provisionales fresadas.
5. La sustancia cromógena que produjo más variación del color en los provisionales a las cuatro semanas fue el vino.

10. CONFLICTOS DE INTERÉS

10. Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés en relación con este estudio y afirman no haber recibido financiación externa a la Universidad Europea de Madrid para realizarlo.

11. RECONOCIMIENTOS

11. Reconocimientos

Los autores agradecen a todos los profesionales que han colaborado a la recolección de datos, así como al Laboratorio del Museo Ciencias Naturales de Madrid por el apoyo en la investigación. Los autores también desean agradecer al Centro de Estadística (servicio de apoyo a la investigación) y a la Escuela de Doctorado e Investigación de la Universidad Europea de Madrid por la asistencia con la recogida e interpretación de los datos.

12. BIBLIOGRAFÍA

12. Bibliografía

1. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dawson D V. Color stability of provisional crown and fixed partial denture resins. *J Prosthet Dent*. 2005;93(1):70–5.
2. Ergün G, Mutlu-Sağesen L, Özkan Y, Demirel E. In vitro color stability of provisional crown and bridge restoration materials. *Dent Mater J*. 2005;24(3):342–50.
3. Driscoll CF, Freilich MA, Guckes AD, Knoernschild KL, McGarry TJ, Goldstein G, et al. The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. *J Prosthet Dent*. 2017;117(5):e1–105.
4. Christiani JJ, Devecchi JR. Materiales para Prótesis Provisionales. *Materials for Provisional Prosthetics*. *Actas Odontológicas* [Internet]. 2017;14(1):28–32. Available from: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2393-63042017000100028&script=sci_arttext
5. Nigel Tom T, Uthappa MA, Sunny K, Begum F, Nautiyal M, Tamore S. Provisional restorations: An overview of materials used. *J Adv Clin Res Insights*. 2016;3(6):212–4.
6. Shillingburg HT. *Fundamentals of fixed prosthodontics*. 4th ed. Huffmann L, editor. Oklahoma: Quintessence Publishing; 2012. 983 p.
7. Regish KM, Sharma D, Prithviraj DR. Techniques of fabrication of provisional restoration: An overview. *Int J Dent*. 2011;2011(January 2010).
8. Al Wadei MHD, Sayed ME, Jain S, Aggarwal A, Alqarni H, Gupta SG, et al. Marginal Adaptation and Internal Fit of 3D-Printed Provisional Crowns and Fixed Dental Prosthesis Resins Compared to CAD/CAM-Milled and Conventional Provisional Resins: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Coatings*. 2022;12(11).
9. Reymus M, Lümckemann N, Stawarczyk B. 3D-printed material for temporary restorations: impact of print layer thickness and post-curing method on degree of conversion. *Int J Comput Dent* [Internet]. 2019;22(3):231–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31463487>
10. Moon W, Kim S, Lim BS, Park YS, Kim RJY, Chung SH. Dimensional accuracy evaluation of temporary dental restorations with different 3d printing systems. *Materials (Basel)*. 2021;14(6):1–9.
11. Drago CJ. Two new clinical/laboratory protocols for CAD/CAM implant restorations. 2006;6(137):794–800.
12. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: Current

- status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J.* 2009;28(1):44–56.
13. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent.* 2010;38(SUPPL. 2):2–16.
 14. Marjanovic J, Veljovic DN, Stasic JN, Savic-Stankovic T, Trifkovic B, Miletic V. Optical properties of composite restorations influenced by dissimilar dentin restoratives. *Dent Mater* [Internet]. 2018;34(5):737–45. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.01.017>
 15. Blum SL, Horn M, Olms C. A comparison of intraoral spectrophotometers—Are there user-specific differences? *J Esthet Restor Dent.* 2018;30(5):442–8.
 16. Zahnfabrik H. VITA Easyshade V - Manual de instrucciones [Internet]. VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG. 2019. p. 11–5. Available from: www.vita-zahnfabrik.com
 17. Benbachir N, Ardu S, Krejci I. Spectrophotometric evaluation of the efficacy of a new in-office bleaching technique. *Quintessence Int* [Internet]. 2008;39(4):299–306. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19081898>
 18. Knösel M, Attin R, Becker K, Attin T. A randomized CIE L*a*b* evaluation of external bleaching therapy effects on fluorotic enamel stains. *Quintessence Int* [Internet]. 2008;39(5):391–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19088953>
 19. Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. *J Dent.* 2009;37(1):15–20. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19329240>
 20. Shenoy A, Rajaraman V, Maiti S. Comparative analysis of various temporary computer-Aided design/computer-Aided manufacturing polymethyl methacrylate crown materials based on color stability, flexural strength, and surface roughness: An in vitro study. *J Adv Pharm Technol Res.* 2022;13(5):130–5.
 21. Ghavami-Lahiji M, Firouzmanesh M, Bagheri H, Jafarzadeh Kashi TS, Razazpour F, Behroozibakhsh M. The effect of thermocycling on the degree of conversion and mechanical properties of a microhybrid dental resin composite. *Restor Dent Endod.* 2018;43(2):1–12.
 22. Yilmaz A, Baydaş S. Fracture resistance of various temporary crown materials. *J Contemp Dent Pract.* 2007;8(1):044–51.
 23. Shin JW, Kim JE, Choi YJ, Shin SH, Nam NE, Shim JS, et al. Evaluation of the color stability of 3d-printed crown and bridge materials against various sources of discoloration: An in vitro study. *Materials (Basel).* 2020;13(23):1–13.
 24. Givens EJ, Neiva G, Yaman P, Dennison JB. Marginal adaptation and color stability of four provisional materials. *J Prosthodont.* 2008;17(2):97–101.

25. Yao Q, Morton D, Eckert GJ, Lin WS. The effect of surface treatments on the color stability of CAD-CAM interim fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2021;2(126):248–53. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.05.017>
26. Johnston WM. Review of translucency determinations and applications to dental materials. *J Esthet Restor Dent*. 2014;26(4):217–23.
27. Kamishima N, Ikeda T, Sano H. Color and translucency of resin composites for layering techniques. *Dent Mater J*. 2005;23(3):428–32.

13. ANEXOS

13. Anexos

13.1 Carta del Comité Interno de la Universidad Europea de Madrid

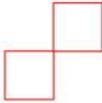
	<i>Comisión de Investigación de la Universidad Europea</i>
	Carlos Serrano Granger Pablo Gómez Cogolludo Universidad Europea de Madrid
	Villaviciosa de Odón, 31 de marzo de 2023
	Estimados investigadores,
	En relación al Proyecto de Investigación titulado:
	"Estabilidad del color y propiedades ópticas de coronas provisionales de acrílico con un sustrato desfavorable, confeccionadas con CAD/CAM fresado, impresión 3D y técnica convencional",
	esta Comisión de Investigación ha procedido a la revisión del mismo y ha acordado que está en situación de:
	APROBADO,
	Al proyecto se le ha asignado el código interno CIPI/23.141
	Atentamente,
	
	Fdo.: Lola Pujol Secretaría de la Comisión de Investigación de la Universidad Europea
<p>Campus Villaviciosa de Odón Calle Tajo S/N, Villaviciosa de Odón 28670 Madrid universidadeuropea.com</p>	<p>Campus Alcobendas Avenida Fernando Alonso, 8 28108 Madrid</p>
	
	ci@universidadeuropea.es

Figura 19: Carta de aprobación de proyecto del Comité Interno de la Universidad Europea de Madrid.

13.1 Medición del ΔE en los tiempos T0-5 para el grupo de coronas con sustrato desfavorable

Medias ΔE para coronas provisionales con sustrato desfavorable				
Sustrato	Tinción	Fresado	Impreso	Convencional
Negro	Vino	2,4	7,0	8,3
Negro	Vino	3,2	6,7	9,3
Negro	Vino	2,7	7,6	10,4
Negro	Vino	3,0	8,1	9,1
Negro	Vino	3,0	7,1	9,2
Negro	Vino	3,3	6,9	8,5
Negro	Vino	3,0	7,6	8,9
Negro	Vino	3,2	7,4	9,0
Negro	Vino	3,0	7,6	9,2
Negro	Vino	3,4	6,4	8,7
Negro	Vino	2,9	7,0	8,5
Negro	Vino	3,3	6,5	9,5
Negro	Café	2,6	5,7	7,6
Negro	Café	2,8	5,7	7,4
Negro	Café	2,7	5,6	7,6
Negro	Café	2,2	6,0	6,9
Negro	Café	2,9	5,6	6,8
Negro	Café	2,0	4,7	6,1
Negro	Café	2,3	5,7	6,5
Negro	Café	2,5	5,2	6,8
Negro	Café	2,4	5,7	6,2
Negro	Café	2,2	6,0	6,6
Negro	Café	2,3	4,8	6,4
Negro	Café	1,9	5,2	7,5
Negro	Té	2,0	4,3	5,7
Negro	Té	1,9	4,3	5,1
Negro	Té	1,8	3,7	5,3
Negro	Té	2,2	4,3	5,1
Negro	Té	2,7	4,7	5,5
Negro	Té	2,3	4,2	4,4
Negro	Té	1,7	5,1	5,3
Negro	Té	2,1	3,6	5,2
Negro	Té	2,5	4,5	4,8
Negro	Té	2,2	4,1	4,9
Negro	Té	2,1	3,6	4,8
Negro	Té	1,8	4,3	5,0
Negro	Coca-Cola	2,5	5,4	7,0

Negro	Coca-Cola	2,5	5,0	6,8
Negro	Coca-Cola	2,7	4,6	6,1
Negro	Coca-Cola	2,6	5,6	6,8
Negro	Coca-Cola	2,7	5,4	7,6
Negro	Coca-Cola	2,8	5,8	7,6
Negro	Coca-Cola	2,5	5,4	6,8
Negro	Coca-Cola	2,5	5,1	7,2
Negro	Coca-Cola	2,8	5,4	7,3
Negro	Coca-Cola	2,9	5,8	9,5
Negro	Coca-Cola	2,5	5,1	7,4
Negro	Coca-Cola	2,8	4,9	6,8

Tabla 30: Medias del ΔE para las coronas provisionales con sustrato desfavorable en T0-5.

13.2 Medición del ΔE en los tiempos T0-5 para el grupo de coronas con sustrato favorable

Medias ΔE para coronas provisionales con sustrato favorable				
Sustrato	Tinción	Fresado	Impreso	Convencional
Blanco	Vino	3,1	6,7	8,7
Blanco	Vino	3,8	7,1	9,4
Blanco	Vino	3,5	6,3	9,3
Blanco	Vino	3,1	7,7	9,3
Blanco	Vino	3,8	7,3	8,9
Blanco	Vino	3,2	7,2	9,2
Blanco	Vino	3,2	7,6	9,1
Blanco	Vino	3,6	7,1	9,5
Blanco	Vino	3,4	8,1	8,9
Blanco	Vino	2,5	8,4	9,3
Blanco	Vino	3,5	7,6	9,2
Blanco	Vino	3,1	7,6	9,4
Blanco	Café	2,9	5,3	6,8
Blanco	Café	2,5	4,8	6,3
Blanco	Café	3,1	5,0	6,8
Blanco	Café	3,6	4,8	7,1
Blanco	Café	2,8	5,2	6,8
Blanco	Café	3,1	4,9	6,7
Blanco	Café	2,7	5,8	6,3
Blanco	Café	2,8	5,3	6,6
Blanco	Café	2,9	4,8	7,0
Blanco	Café	3,0	4,3	7,3
Blanco	Café	3,2	4,9	6,9

Blanco	Café	2,4	5,1	7,4
Blanco	Té	2,5	3,1	5,4
Blanco	Té	2,3	3,1	5,1
Blanco	Té	3,4	2,9	5,4
Blanco	Té	3,4	3,0	4,6
Blanco	Té	3,1	2,7	5,0
Blanco	Té	3,0	3,2	4,4
Blanco	Té	2,4	3,4	5,3
Blanco	Té	2,3	2,8	5,4
Blanco	Té	3,1	2,7	4,9
Blanco	Té	3,5	3,4	5,4
Blanco	Té	3,1	3,1	5,0
Blanco	Té	3,1	3,3	5,6
Blanco	Coca-Cola	1,9	5,2	7,5
Blanco	Coca-Cola	2,8	5,5	8,2
Blanco	Coca-Cola	3,4	5,5	8,6
Blanco	Coca-Cola	2,8	5,0	8,1
Blanco	Coca-Cola	3,5	5,6	8,7
Blanco	Coca-Cola	2,1	5,9	9,0
Blanco	Coca-Cola	1,8	5,0	8,6
Blanco	Coca-Cola	3,1	5,5	9,2
Blanco	Coca-Cola	3,2	5,7	8,9
Blanco	Coca-Cola	2,9	5,9	8,3
Blanco	Coca-Cola	3,3	5,8	8,2
Blanco	Coca-Cola	2,3	5,3	8,1

Tabla 31: Medias del ΔE para las coronas provisionales con sustrato favorable en T0-5.