

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Odontología
Escuela Profesional de Odontología



Evaluación del impacto de técnicas de pulido mecánico en las propiedades de una resina compuesta nanohíbrida expuesta a condiciones simuladas de ácido clorhídrico estudio in vitro. Arequipa 2025

Tesis presentada por el Bachiller:

Carpio Rojas, Marco Antonio

ORCID: 0009-0009-4471-2281

para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Asesor:

Dr. Escalante Otárola, Wilfredo Gustavo

ORCID: 0000-0003-4879-3938

Arequipa- Perú

2025

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ODONTOLOGIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 15 de Mayo del 2025

Dictamen: 013938-C-EPO-2025

Visto el borrador del expediente 013938, presentado por:

2020890591 - CARPIO ROJAS MARCO ANTONIO

Titulado:

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE TÉCNICAS DE PULIDO MECÁNICO EN LAS PROPIEDADES DE UNA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA EXPUESTA A CONDICIONES SIMULADAS DE ÁCIDO CLORHÍDRICO ESTUDIO IN VITRO. AREQUIPA 2025

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

CIRUJANO DENTISTA

**29666930 - ROSADO LINARES MARTIN LARRY
DICTAMINADOR**



**04641311 - TEJADA TEJADA RENAN FERNANDO
DICTAMINADOR**



**29238358 - SALAS ROJAS MONICA HILDA CLEOFE
DICTAMINADOR**



Evaluación del impacto de técnicas de pulido mecánico en las propiedades de una resina compuesta nanohíbrida expuesta a condiciones simuladas de ácido clorhídrico estudio in vitro.

Arequipa 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María	3%
	Trabajo del estudiante	
2	hdl.handle.net	3%
	Fuente de Internet	
3	dspace.ucuenca.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	
4	stevemorera.blogspot.com	1%
	Fuente de Internet	
5	repositorio.upt.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
6	www.dspace.uce.edu.ec	<1%
	Fuente de Internet	
7	dspace.unach.edu.ec	<1%
	Fuente de Internet	
8	repositorio.unphu.edu.do	<1%
	Fuente de Internet	
9	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal	<1%
	Trabajo del estudiante	
10	repository.usta.edu.co	<1%
	Fuente de Internet	

DEDICATORIA

A mis padres, Ricardo Carpio y Beatriz Rojas, quienes siempre han sido mi mayor fuente de apoyo y amor. Gracias por brindarme la oportunidad de crecer y aprender, por su confianza inquebrantable en mí y por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la honestidad. Este logro es tan suyo como mío, pues sin su dedicación y sacrificio, no habría llegado hasta aquí.

A mi hermano, Jhon Carpio, por su constante motivación y por ser un pilar fundamental en mi vida. Su ejemplo de superación y su respaldo incondicional me han dado fuerzas en los momentos más difíciles. Gracias por siempre estar ahí, por brindarme sus consejos y por creer en mí cuando más lo necesitaba.

A mi abuela, Rosa Jaén, por su amor y sabiduría. Sus enseñanzas y su bondad han dejado una huella profunda en mí. Gracias por ser un modelo de fortaleza y esperanza, por siempre ofrecerme su cariño y por recordarme que, con fe y esfuerzo, todo es posible.

Este logro refleja mi dedicación y esfuerzo constante, pero también el amor y el apoyo de quienes me rodean. Este trabajo es testimonio de que los sueños se cumplen con perseverancia y pasión.

Marco Antonio Carpio Rojas

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por su apoyo incondicional en cada etapa de este camino. Gracias por su amor y sacrificio, por enseñarme que con esfuerzo y dedicación se puede lograr todo lo que se sueña. A mis seres queridos, por ser siempre una fuente de motivación y por estar a mi lado, brindándome su apoyo en cada momento.

A mis profesores, quienes me han brindado sus conocimientos y me han enseñado a pensar críticamente y a cuestionar cada aspecto de lo que aprendo. Su dedicación y pasión por la enseñanza me han inspirado y motivado a seguir adelante en mi formación académica. Gracias por ser guías y por siempre estar dispuestos a compartir su sabiduría.

A mis compañeros de clase, por el compañerismo y el trabajo conjunto. Cada uno de ustedes ha sido parte fundamental de este proceso, y su apoyo mutuo ha sido esencial para superar los desafíos que se presentaron en el camino. Gracias por compartir experiencias, conocimientos y momentos que enriquecieron mi formación.

A mi asesor, el Dr. Escalante Otárola, Wilfredo Gustavo, por su orientación, paciencia y dedicación a lo largo de este proyecto. Gracias por brindarme su tiempo, por sus consejos y por su apoyo constante, que fueron clave para la realización de esta tesis. Su expertise y guía me han permitido alcanzar este logro académico.

Marco Antonio Carpio Rojas



EPÍGRAFE

“Amad a vuestros enemigos; haced bien, y prestad no esperando de ello nada; y será grande vuestra recompensa, y seréis hijos del Altísimo; porque él es benigno para con los ingratos y malos.”

Lucas 6:35

RESUMEN

Este estudio evaluó el efecto de distintos sistemas de pulido mecánico sobre la rugosidad superficial, estabilidad cromática y pérdida de peso de una resina nanohíbrida (3M Filtek Z350), expuesta a condiciones simuladas de desafío ácido.

Se utilizaron cuatro sistemas de pulido comerciales (EVE Diacomp Plus Twist, ULTRADENT Jiffy Composite, 3M Sof-Lex, FGM Diamond Pro) y sus versiones genéricas chinas. Se prepararon 45 muestras distribuidas en 9 grupos ($n=5$), incluyendo un grupo control sin pulido. Se evaluaron tres variables (rugosidad superficial, color y pérdida de peso) mediante rugosímetro, colorímetro y balanza de precisión, en tres etapas clínicas simuladas.

Todos los sistemas redujeron la rugosidad inicial, excepto el grupo control. Sin embargo, algunos (3M-SL, CN-3M-SL, FGM-DP, CN-FGM-DP) provocaron mayor pérdida de material tras el pulido final. La mayoría de los sistemas mantuvieron los cambios de color dentro del umbral clínicamente aceptable ($< 3.3 \Delta E$), aunque los sistemas CN-FGM-DP, EVE-DP y UD-JCP mostraron mayor alteración cromática. Se determinó que el tipo de sistema tuvo mayor influencia que la etapa de evaluación. Los sistemas CN-EVE-DP y EVE-DP presentaron menor resistencia al ácido. Por el contrario, EVE-DP, CN-EVE-DP y UD-JCP mostraron pérdidas mínimas, similares al grupo control.

Existen diferencias significativas entre los sistemas de pulido analizados. Mientras algunos ofrecieron mayor eficacia en reducción de rugosidad, también implicaron mayor desgaste o alteración estética. Los resultados sugieren priorizar sistemas menos abrasivos en restauraciones delgadas o pacientes con alto riesgo de erosión ácida, como los que presentan reflujo gastroesofágico.

Palabras clave: Pulido, resina, ácido.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of different mechanical polishing systems on surface roughness, color stability, and weight loss of a nanohybrid composite resin (3M Filtek Z350) subjected to simulated acidic conditions.

Four commercial polishing systems (EVE Diacomp Plus Twist, ULTRADENT Jiffy Composite, 3M Sof-Lex, and FGM Diamond Pro) and their Chinese generic version were tested. Forty-five samples were prepared and divided into nine groups (n=5), including a control group without polishing. Surface roughness, color, and weight loss were measured using a profilometer, colorimeter, and precision scale across three simulated clinical stages.

All systems significantly reduced initial roughness except the control group. However, 3M-SL, CN-3M-SL, FGM-DP, and CN-FGM-DP caused the greatest material loss after final polishing. While most systems maintained color changes within the clinically acceptable threshold ($< 3.3 \Delta E$), CN-FGM-DP, EVE-DP, and UD-JCP exhibited more pronounced chromatic alteration. The polishing system type had a greater impact than the evaluation stage. CN-EVE-DP and EVE-DP showed less resistance to acidic conditions. In contrast, EVE-DP, CN-EVE-DP, and UD-JCP demonstrated minimal weight loss, comparable to the control group.

Significant differences were found among the evaluated polishing systems. Some systems, while effective in reducing surface roughness, resulted in greater surface degradation or aesthetic alteration. Less abrasive systems may be preferable for thin restorations or patients at high risk of acid erosion, such as those with gastroesophageal reflux disease.

Keywords: Polishing, resin, acid.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

EPÍGRAFE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN..... 1

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO TEÓRICO..... 2

1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA 3

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN 4

3. JUSTIFICACIÓN 5

4. OBJETIVOS 6

4.1. OBJETIVO GENERAL..... 6

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 6

5. MARCO TEÓRICO 7

5.1. MARCO CONCEPTUAL 7

5.1.1. Resinas Compuestas Nanohíbridas 7

a. Composición y Estructura 7

b. Propiedades 7

c. Aplicaciones Clínicas..... 7

5.1.2. Rugosidad Superficial en Materiales Dentales..... 8

a. Definición de Rugosidad Superficial 8

b. Importancia Clínica 9

c. Medición de la Rugosidad..... 9

d. Factores que Afectan la Rugosidad..... 9

e. Importancia del Pulido 10

5.1.3. Estabilidad Cromática en Resinas Compuestas 11

a.	Conceptos Fundamentales.....	11
b.	Métodos de Evaluación del Color	11
c.	VITA Easyshade V como Instrumento de Medición	12
d.	Umbral de Perceptibilidad y Aceptabilidad	12
e.	Factores que Afectan la Estabilidad Cromática en Entornos Ácidos.....	13
5.1.4.	Pérdida de Peso por Pulido en Resinas Compuestas.....	13
a.	Mecanismos de Pérdida de Peso Durante el Pulido	13
b.	Técnicas de Pulido y su Impacto en la Pérdida de Peso.....	14
c.	Relación entre Composición de la Resina y Pérdida de Peso	14
d.	Métodos de Cuantificación de la Pérdida de Peso	15
e.	Implicaciones Clínicas de la Pérdida de Peso por Pulido	16
5.1.5.	Sistemas de Pulido Dental.....	16
a.	EVE Diacomp Plus Twist (EVE-DP).....	16
b.	ULTRADENT Jiffy Composite Adjusting and Polishing (UD-JCP)	16
c.	3M™ Sof-Lex™ Discos XT (3M-SL).....	18
d.	FGM Diamond Pro (FGM-DP).....	18
e.	Versión genérica de EVE Diacomp Plus Twist CN-EVE-DP	19
f.	Versión genérica de ULTRADENT Jiffy Composite Adjusting and Polishing (CN-UD-JCP).....	20
g.	Versión genérica de 3M™ Sof-Lex™ Discos XT (CN-3M-SL).....	20
h.	Versión genérica de FGM Diamond Pro (CN-FGM-DP)	20
5.1.6.	Implicaciones Clínicas de las Versiones genéricas	21
5.2.	ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	22
6.	HIPÓTESIS	25
6.1.	HIPÓTESIS NULA (H_0).....	25
6.2.	HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H_1)	25

CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO OPERACIONAL	26
1. DISEÑO METODOLÓGICO	27
2. POBLACIÓN Y MUESTRA	27
2.1. GRUPOS EXPERIMENTALES:.....	27
3. TABLA DE VARIABLES	28
4. TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS	29
4.1. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	29
4.2. DISTRIBUCIÓN DE GRUPOS EXPERIMENTALES	29
4.3. PROCEDIMIENTO DE PULIDO	30
4.4. SIMULACIÓN DE EXPOSICIÓN A ÁCIDO CLORHÍDRICO.....	30
4.5. MEDICIONES.....	30
4.6. REGISTRO DE DATOS	31
5. PLAN DE ANÁLISIS	31
6. CONSIDERACIONES ÉTICAS	31
7. RECURSOS	32
8. INSTRUMENTOS MECÁNICOS	32
9. MATERIALES	33
10. CRONOGRAMA	34
CAPÍTULO III RESULTADOS	35
1. RESULTADOS	36
2. DISCUSIÓN	44
3. CONCLUSIONES	51
4. RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS	60
ANEXO 1 MATRICES DE LOS RESULTADOS.....	61
ANEXO 2 EVIDENCIA FOTOGRÁFICA	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Variables	28
Tabla 2	Presupuesto asignado	32
Tabla 3	Cronograma.....	34
Tabla 4	Media y desviación estándar de los valores de cambio de estabilidad de color de la resina, en función del sistema de pulido y desafío ácido evaluados.	37
Tabla 5	Media y desviación estándar de los valores de rugosidad Ra de la resina, en función del sistema de pulido y desafío ácido evaluados	39
Tabla 6	Media y desviación estandar de los valores de rugosidad Rz de la resina, en función del sistema de pulido y desafío ácido evaluados	41
Tabla 7	Media y desviación estandar de los valores de pérdida de peso de la resina (mg), en función del sistema de pulido y desafío ácido evaluados.....	43
Tabla 8	Evaluación comparativa de los sistemas de pulido mecánico según la estabilidad de color, rugosidad superficial y pérdida de peso en resina compuesta nanohíbrida.....	44
Tabla 9	Cambio de color en cada sistema de pulido agrupado por etapas.....	61
Tabla 10	Cambio de color en cada etapa agrupado por sistema de pulido	62
Tabla 11	Rugosidad Z de cada sistema de pulido agrupado por etapas	63
Tabla 12	Rugosidad Z en cada etapa agrupado por sistema de pulido	65
Tabla 13	Rugosidad A de cada sistema de pulido agrupado por etapas	66
Tabla 14	Rugosidad Z en cada etapa agrupado por sistema de pulido	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cambio de color por etapas en función del sistema de pulido y desafío ácido evaluados.....	36
Figura 2 Rugosidad Ra de la resina, en función del sistema de pulido y desafío ácido evaluados.....	38
Figura 3 Rugosidad Rz de la resina, en función del sistema de pulido y desafío ácido evaluados.....	40
Figura 4 Pérdida de peso en función del sistema de pulido y desafío ácido evaluados	42
Figura 5 Fabricación de las Muestras.....	68
Figura 6 Medición de las muestras.....	69
Figura 7 Pulido de las muestras.....	70
Figura 8 Condiciones simuladas con ácido clorhídrico	71

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de materiales odontológicos ha experimentado importantes avances en las últimas décadas, destacando las resinas compuestas nanohíbridas debido a su excelente desempeño estético y mecánico(1). Estas resinas, como la 3M Filtek Z350, han sido diseñadas para ofrecer una alta resistencia al desgaste, buena estabilidad de color y propiedades ópticas similares a las del esmalte dental(2).

El pulido mecánico es una etapa fundamental en la finalización de las restauraciones con resina compuesta, ya que impacta directamente en la rugosidad superficial, un factor crítico para la estética, el confort del paciente y la resistencia a la pigmentación. Diversos materiales, como los pulidores de silicona con partículas de diamante o de óxido de aluminio, los discos recubiertos de alúmina, entre otros, han sido diseñados para optimizar este proceso(3).

Adicionalmente, la exposición de las resinas compuestas a medios ácidos, como los presentes en bebidas carbonatadas, alimentos ácidos y el ácido clorhídrico (HCl) asociado al reflujo gastroesofágico, puede alterar significativamente sus propiedades superficiales. Dichas condiciones generan un desafío importante, ya que pueden afectar su comportamiento clínico a largo plazo, comprometiendo su durabilidad, estabilidad cromática y peso(4).

En este contexto, el presente estudio se enfoca en evaluar el impacto de diferentes técnicas de pulido mecánico sobre las propiedades superficiales de una resina compuesta nanohíbrida sometida a condiciones simuladas de exposición al HCl, buscando emular un año de desgaste en un paciente con reflujo gastroesofágico. Este proceso incluye el pulido inicial, la exposición al HCl, el repulido posterior y las mediciones correspondientes de rugosidad superficial, cambios cromáticos y pérdida de peso.

El objetivo principal de esta investigación es comparar el impacto de diferentes técnicas de pulido mecánico en la rugosidad superficial, estabilidad cromática y pérdida de peso de una resina compuesta nanohíbrida, bajo condiciones que simulan un entorno ácido. Los resultados obtenidos aportarán datos relevantes para la elección de técnicas y materiales que optimicen la calidad y durabilidad de las restauraciones dentales en pacientes con reflujo gastroesofágico o expuestos a medios ácidos, contribuyendo al avance de la odontología restauradora y a mejores prácticas clínicas.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. Determinación del problema

En la odontología restauradora moderna, la estética dental es un aspecto fundamental para la aceptación y durabilidad de las restauraciones. Las resinas compuestas nanohíbridas, como la *3M Filtek Z350*, han demostrado ser materiales eficaces tanto en términos de resistencia mecánica como en estética, al ofrecer una excelente apariencia similar al diente natural. El acabado superficial de estos materiales influye de manera crucial en su rendimiento clínico, ya que una superficie bien pulida no solo mejora la estética, sino que también reduce la acumulación de placa bacteriana y favorece la longevidad de la restauración (2).

El proceso de pulido es esencial para lograr un acabado adecuado de las restauraciones dentales. Existen diversos sistemas de pulido, que varían en su composición y técnica de aplicación. Los sistemas más comunes incluyen técnicas de pulido con discos diamantados, pastas abrasivas y herramientas flexibles impregnadas con partículas abrasivas. Cada uno de estos sistemas tiene efectos diferentes en la rugosidad superficial, la estabilidad cromática y la durabilidad de las restauraciones(5). La rugosidad superficial, en particular, tiene un impacto directo en la estética de las restauraciones, ya que superficies más rugosas tienden a mancharse y a acumular más placa bacteriana. Por otro lado, la estabilidad cromática es otro factor crucial, ya que los cambios en el color de la resina pueden ser percibidos como signos de desgaste prematuro o de pérdida de calidad estética (6).

Además, las condiciones ácidas, como las presentes en pacientes con reflujo gastroesofágico, introducen un factor adicional de desgaste en las restauraciones. El ácido clorhídrico (HCl) puede alterar las propiedades físicas y químicas de las resinas compuestas, afectando su rugosidad, estabilidad cromática y peso. Este fenómeno no ha sido completamente estudiado en relación con las diferentes técnicas de pulido mecánico, dejando una brecha en el conocimiento clínico sobre cómo optimizar la resistencia de estos materiales en entornos ácidos (4).

A pesar de la disponibilidad de múltiples técnicas de pulido, la selección del sistema adecuado sigue siendo un desafío en la práctica clínica. Existen discrepancias en la literatura sobre cuál es el sistema de pulido más efectivo para mantener las propiedades estéticas y funcionales de las resinas compuestas a largo plazo. Muchos estudios comparativos analizan la rugosidad y la estabilidad cromática, pero se ha identificado una falta de consenso sobre los métodos más efectivos y menos invasivos(2,7). Algunos sistemas de pulido pueden

generar cambios estéticos significativos, como alteraciones en el color, mientras que otros pueden comprometer la durabilidad de la restauración al generar una mayor pérdida de material (8)

Además, las versiones genéricas chinas de sistemas de pulido dentales, que se comercializan a un precio inferior, no siempre ofrecen el mismo rendimiento que los productos originales, lo que puede afectar la calidad de las restauraciones. Esto plantea un dilema sobre si estos productos alternativos son clínicamente viables y si pueden ser una opción económica sin comprometer los resultados(8).

Este estudio busca comparar diferentes técnicas de pulido mecánico en términos de tres parámetros clave: rugosidad superficial, estabilidad cromática y pérdida de material en una resina compuesta nanohíbrida sometida a condiciones simuladas de exposición al HCl. Se plantea la hipótesis de que las diferentes técnicas de pulido mecánico no generan diferencias significativas en ninguno de estos parámetros, lo que sugeriría una similitud en su desempeño clínico respecto a la durabilidad y estabilidad del material. Asimismo, se evaluará si dichas técnicas afectan de manera diferenciada la preservación estructural y la apariencia estética del material restaurador a lo largo del tiempo (4).

La solución propuesta se centra en la selección de un sistema de pulido adecuado, considerando no solo la estética inmediata, sino también la durabilidad del material y la conservación de la estructura. El análisis de la relación entre rugosidad, estabilidad cromática y pérdida de material permitirá identificar el sistema de pulido más equilibrado, optimizando tanto los resultados estéticos como la longevidad de las restauraciones dentales.

2. Pregunta de investigación

¿Cuál de las técnicas de pulido mecánico evaluadas es más eficaz para preservar las propiedades estéticas (estabilidad cromática) y funcionales (rugosidad superficial y pérdida de peso) de una resina compuesta nanohíbrida sometida a condiciones simuladas de exposición al ácido clorhídrico (HCl)?

3. Justificación

La odontología restauradora moderna ha avanzado significativamente en el desarrollo de materiales dentales estéticos y funcionales. Las resinas compuestas nanohíbridas, como la *3M Filtek Z350*, son ampliamente utilizadas en restauraciones dentales debido a su excelente adaptación estética y mecánica. No obstante, la durabilidad y la estética de estas restauraciones dependen en gran medida del tratamiento superficial al que se someten, especialmente en términos de pulido(6)

El proceso de pulido es esencial para mejorar el acabado superficial de las restauraciones, ya que una correcta técnica de pulido no solo optimiza la estética, sino que también contribuye a la durabilidad del material, minimizando la acumulación de placa bacteriana y reduciendo la rugosidad que podría llevar a alteraciones cromáticas. Sin embargo, a pesar de la existencia de diversos sistemas de pulido, la selección adecuada sigue siendo un desafío en la práctica clínica. Los sistemas de pulido varían en su efectividad para mejorar las propiedades superficiales, y algunos pueden generar un desgaste excesivo del material, lo que comprometería la integridad y la longevidad de la restauración (9).

Además, el uso de versiones genéricas chinas de sistemas comerciales a menudo presenta una opción más económica, pero existe una falta de evidencia clara sobre si estos productos alternativos pueden ofrecer los mismos resultados clínicos que los sistemas originales (10). Dado que los materiales utilizados en odontología son costosos y la elección del sistema de pulido adecuado puede influir en la calidad de la restauración, es fundamental evaluar de manera comparativa los efectos de las técnicas de pulido, tanto comerciales como sus versiones genéricas, sobre la rugosidad superficial, la estabilidad cromática y la pérdida de material.

Este estudio es relevante, ya que permitirá proporcionar información objetiva sobre qué sistemas de pulido son más eficaces para mantener la estética, la funcionalidad y la durabilidad de las resinas compuestas nanohíbridas, contribuyendo así a mejorar las prácticas clínicas. Asimismo, al analizar las versiones genéricas chinas, se podrá determinar si estas representan una opción viable sin comprometer la calidad del tratamiento, brindando a los profesionales de la odontología una base científica para tomar decisiones informadas en cuanto a la selección de materiales y técnicas de pulido.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Determinar cuál de las técnicas de pulido mecánico es más eficaz para preservar las propiedades estéticas y funcionales de la resina compuesta nanohíbrida bajo condiciones simuladas de exposición ácida.

4.2. Objetivos Específicos

Identificar el impacto de diferentes técnicas de pulido mecánico en la rugosidad superficial de una resina compuesta nanohíbrida después de la exposición simulada al ácido clorhídrico (HCl).

Analizar los cambios en la estabilidad cromática de la resina compuesta nanohíbrida sometida a diferentes técnicas de pulido y exposición al HCl.

Evaluar la pérdida de peso de la resina compuesta nanohíbrida después de ser sometida a las técnicas de pulido y exposición al HCl, y comparar los resultados obtenidos.

5. Marco Teórico

5.1. Marco Conceptual

5.1.1. Resinas Compuestas Nanohíbridas

Las resinas compuestas nanohíbridas son materiales restauradores dentales que se caracterizan por combinar partículas de relleno de tamaño nanométrico (1-100 nm) con partículas de relleno de mayor tamaño (0.4-5 μm). Esta combinación de diferentes tamaños de partículas permite obtener propiedades mecánicas y estéticas mejoradas en comparación con las resinas compuestas tradicionales (11).

a. Composición y Estructura

Las resinas nanohíbridas están compuestas por una matriz orgánica de monómeros de resina (como bisfenol A-glicidil metacrilato, TEGDMA, UDMA) y una fase inorgánica de partículas de relleno. Las partículas de relleno incluyen sílice nanométrica y partículas de vidrio o cerámicas de mayor tamaño. Esto les confiere una mayor resistencia al desgaste, translucidez y pulido.

b. Propiedades

Algunas de las principales propiedades de las resinas nanohíbridas incluyen: (11,12)

- Mayor resistencia a la fractura y al desgaste
- Mejor pulido y retención del brillo
- Mejor estética y translucidez
- Menor contracción de polimerización
- Menor acumulación de placa bacteriana

c. Aplicaciones Clínicas

Las resinas nanohíbridas se utilizan comúnmente para restauraciones directas en dientes anteriores y posteriores, debido a sus excelentes propiedades estéticas y mecánicas. También se emplean en carillas, reconstrucciones de muñones y obturaciones de cavidades. En resumen, las

resinas compuestas nanohíbridas son materiales restauradores dentales avanzados que combinan las ventajas de las partículas nanométricas y las partículas de mayor tamaño, ofreciendo una excelente combinación de propiedades estéticas y mecánicas (11–13).

5.1.2. Rugosidad Superficial en Materiales Dentales

En odontología, la rugosidad superficial se presenta en varios materiales utilizados dentro de la clínica. Una vez en la cavidad oral, estas irregularidades pueden desequilibrar el ecosistema bucal directa o indirectamente. Es importante que las superficies de los materiales dentales se asemejen a la rugosidad del esmalte dental, que tiene un valor de Ra de $0.21\ \mu\text{m}$. El sistema nervioso central podría percibir superficies con una rugosidad superior a $1.5\ \mu\text{m}$ como desagradables(14).

La rugosidad superficial de las superficies duras en el ambiente oral, después del pulido, no debería exceder los $0.2\ \mu\text{m}$, ya que valores superiores pueden incrementar la probabilidad de acumulación de placa. La rugosidad de los materiales está controlada principalmente por el material inherente, la técnica de pulido y la habilidad manual del operador (14).

a. Definición de Rugosidad Superficial

La rugosidad superficial se define como las irregularidades presentes sobre la superficie del material dental una vez que se han suprimido las desviaciones geométricas de forma y ondulación. Una superficie con mínima rugosidad es deseable para evitar la acumulación de placa bacteriana y conseguir un mejor efecto estético (15).

La rugosidad superficial corresponde a un conjunto de irregularidades de una superficie real producida durante su fabricación. Estas irregularidades se manifiestan como picos y valles distribuidos de forma aleatoria, por lo que se requieren parámetros estadísticos para cuantificar la rugosidad (16).

Dentro de los parámetros más utilizados para expresar la rugosidad se encuentra la Rugosidad Media (Ra), que corresponde a la media aritmética de los valores absolutos de la desviación de la línea central de medición en una muestra longitudinal. Para determinar la rugosidad superficial se utiliza

un instrumento denominado rugosímetro, que determina electrónicamente el perfil de la superficie en una sección transversal, midiendo la profundidad media (R_a) y expresándola en micras (μm) (15).

b. Importancia Clínica

Una superficie rugosa puede favorecer la acumulación de placa y microorganismos, lo que aumenta el riesgo de inflamación gingival y caries secundarias. Además, una superficie áspera puede resultar incómoda para el paciente y dificultar la higiene oral. Por el contrario, una superficie lisa y pulida presenta varias ventajas (15,16)

- Menor acumulación de placa bacteriana
- Mejor estética y brillo
- Mayor comodidad para el paciente
- Facilidad para la higiene oral

c. Medición de la Rugosidad

La medición de la rugosidad se puede realizar con equipos de contacto, como el rugosímetro o perfilómetro, y equipos de no-contacto, como el Microscopio de Fuerza Atómica (MFA). El MFA es preferido por su alta resolución en la caracterización topográfica a escala nanométrica. Estos equipos permiten evaluar parámetros como R_a (rugosidad promedio) y R_q (rugosidad media cuadrática), fundamentales para describir la rugosidad en estudios biológicos (15).

d. Factores que Afectan la Rugosidad

Varios factores afectan la rugosidad superficial, incluyendo el ajuste marginal, el contorno y la composición de los materiales. Además, la rugosidad puede influenciarse por la técnica de polimerización de los materiales acrílicos, ya sea autopolimerizable o termopolimerizable, y por el método de pulido utilizado (15).

La mayor o menor rugosidad de una superficie depende de su acabado superficial. Este acabado permite definir la microgeometría de las superficies para que sean válidas para su función específica. El proceso de acabado suele

ser necesario para corregir los errores de forma y las ondulaciones que pueden presentarse durante la fabricación de las superficies (fundición, forja, laminación, etc.) (17).

En el Sistema Internacional, la unidad de rugosidad es el micrómetro o micra ($1 \text{ micra} = 1 \mu\text{m} = 0,000001 \text{ m} = 0,001 \text{ mm}$), mientras que en el sistema anglosajón se utiliza la micropulgada (μ''). Esta medida se indica en los planos constructivos de las piezas mediante signos y valores numéricos, de acuerdo con las normas de calidad existentes, que varían entre países (17).

Para medir la rugosidad de las piezas se utilizan instrumentos electrónicos llamados rugosímetros, que miden la profundidad de la rugosidad media (R_z) y el valor de la rugosidad media (R_a) expresada en micras, mostrando la lectura de la medida en una pantalla o en un documento gráfico (17).

e. Importancia del Pulido

El pulido de las superficies dentales es esencial para reducir la rugosidad y, en consecuencia, la adhesión bacteriana. Materiales bien pulidos disminuyen significativamente la capacidad de los microorganismos de adherirse, reduciendo así el riesgo de infecciones. Técnicas de pulido que utilizan pastas profilácticas, pulidores de goma y piedras abrasivas son comunes, aunque algunas pueden no ser suficientes para mantener la rugosidad por debajo del umbral crítico de $0,2 \mu\text{m}$ (15).

El pulido de los materiales dentales es fundamental para obtener una superficie lisa y brillante. Existen diferentes sistemas de pulido, tanto mecánicos como químicos, que utilizan pulidores de goma, ruedas, conos de fieltro y suspensiones abrasivas. Un adecuado protocolo de pulido, siguiendo las instrucciones del fabricante, puede reducir significativamente la rugosidad superficial de los materiales restauradores. En resumen, la rugosidad superficial es un factor clave en el desempeño clínico de los materiales dentales. Una superficie lisa y pulida ofrece ventajas estéticas, higiénicas y de comodidad para el paciente. El pulido adecuado de las restauraciones es esencial para minimizar la rugosidad y optimizar los resultados a largo plazo (16,17).

5.1.3. Estabilidad Cromática en Resinas Compuestas

a. Conceptos Fundamentales

La estabilidad cromática se define como la capacidad de un material restaurador para mantener su color original y resistir la decoloración a lo largo del tiempo bajo diversas condiciones ambientales y químicas (18). Esta propiedad es crucial para el éxito clínico y la longevidad estética de las restauraciones dentales, especialmente en el sector anterior donde las consideraciones estéticas son prioritarias (19).

Las resinas compuestas nanohíbridas, que combinan partículas de relleno de tamaño nanométrico con partículas de mayor tamaño, fueron desarrolladas para mejorar tanto las propiedades mecánicas como estéticas de las restauraciones (1). Sin embargo, diversos factores pueden afectar su estabilidad cromática con el tiempo, incluyendo:

- Exposición a pigmentos exógenos de alimentos y bebidas (20)
- Degradación hidrolítica de la matriz orgánica (21)
- Absorción de agua y solubilidad (22)
- Exposición a radiación UV (23)
- Exposición a ambientes ácidos, como el ácido clorhídrico (24)

b. Métodos de Evaluación del Color

La evaluación del color de las resinas compuestas puede realizarse mediante métodos visuales o instrumentales. Los métodos visuales, como las guías de color convencionales, presentan limitaciones debido a su naturaleza subjetiva y la influencia de factores como la iluminación ambiental y la percepción individual del operador (25).

Por otro lado, los métodos instrumentales ofrecen mediciones objetivas y reproducibles. Entre estos dispositivos, los espectrofotómetros como el VITA Easyshade V proporcionan datos precisos sobre las propiedades cromáticas de los materiales dentales (26)

c. VITA Easyshade V como Instrumento de Medición

El VITA Easyshade V es un espectrofotómetro dental portátil diseñado específicamente para la medición precisa del color dental. Este dispositivo utiliza tecnología de espectrofotometría para analizar la luz reflejada por la superficie dental o restauradora, proporcionando valores objetivos basados en diferentes sistemas de color (27).

El VITA Easyshade V permite obtener mediciones en diferentes sistemas de color:

Sistema VITA Classical A1-D4: Proporciona la correspondencia con las 16 tonalidades clásicas de VITA.

Sistema VITA 3D-Master: Ofrece la tonalidad correspondiente en este sistema más actual basado en luminosidad, croma y tono.

Sistema CIE Lab*: Entrega coordenadas numéricas en este espacio de color tridimensional estandarizado internacionalmente:

L*: representa la luminosidad (0=negro, 100=blanco)

a*: indica la posición en el eje rojo-verde (+a=rojo, -a=verde)

b*: indica la posición en el eje amarillo-azul (+b=amarillo, -b=azul)

El sistema CIE Lab* permite calcular la diferencia de color (ΔE) entre dos muestras mediante la fórmula:

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

donde ΔL^* , Δa^* y Δb^* representan las diferencias en cada coordenada entre la medición inicial y la final (28).

La precisión del VITA Easyshade V ha sido validada en múltiples estudios, mostrando alta confiabilidad y reproducibilidad en las mediciones de color de materiales restauradores (27).

d. Umbral de Perceptibilidad y Aceptabilidad

Para interpretar adecuadamente los cambios de color en las resinas compuestas, es fundamental comprender los conceptos de umbral de perceptibilidad y aceptabilidad:

Umbral de perceptibilidad: Es el valor de ΔE a partir del cual un observador puede detectar una diferencia de color entre dos muestras. Según Paravina (29), este umbral se sitúa en aproximadamente $\Delta E = 1.2$.

Umbral de aceptabilidad: Es el valor de ΔE a partir del cual un observador considera que la diferencia de color es clínicamente inaceptable y requiere reemplazo de la restauración. Este umbral se ha establecido en aproximadamente $\Delta E = 2.7$ (29).

e. Factores que Afectan la Estabilidad Cromática en Entornos Ácidos

La exposición a ambientes ácidos, como el ácido clorhídrico presente en el reflujo gastroesofágico, puede afectar significativamente la estabilidad cromática de las resinas compuestas. Poggio et al. (24) demostraron que la inmersión en soluciones ácidas puede provocar cambios significativos en las propiedades ópticas de estos materiales.

El mecanismo por el cual los ácidos afectan la estabilidad cromática incluye:

Degradación de la matriz polimérica: Los ácidos pueden catalizar la hidrólisis de los enlaces éster presentes en la matriz de resina, alterando su estructura tridimensional (30)

Deterioro de la interfaz matriz-relleno: La degradación de los agentes de acoplamiento silano puede comprometer la unión entre las partículas de relleno y la matriz, creando microfisuras que alteran las propiedades ópticas (31).

Aumento de la rugosidad superficial: La erosión ácida puede incrementar la rugosidad superficial, modificando la reflexión y dispersión de la luz (32).

Lixiviación de componentes: La exposición a ácidos puede facilitar la liberación de componentes no polimerizados o degradados de la matriz, alterando las propiedades ópticas del material (33).

5.1.4. Pérdida de Peso por Pulido en Resinas Compuestas

a. Mecanismos de Pérdida de Peso Durante el Pulido

La pérdida de peso durante el pulido de las resinas compuestas se produce principalmente a través de los siguientes mecanismos:

Abrasión de la matriz orgánica: La matriz de resina, compuesta principalmente por monómeros como Bis-GMA, UDMA y TEGDMA, es más susceptible a la abrasión que las partículas de relleno inorgánico. Durante el pulido, esta matriz puede ser preferentemente desgastada, exponiendo las partículas de relleno (34).

Desprendimiento de partículas de relleno: Cuando la interfaz entre la matriz y las partículas de relleno se deteriora durante el pulido, estas últimas pueden desprenderse completamente de la superficie, contribuyendo significativamente a la pérdida de peso (35).

Generación de calor durante el pulido: La fricción generada durante el pulido puede incrementar la temperatura superficial, acelerando la degradación de la matriz polimérica y potencialmente aumentando la pérdida de peso (34).

b. Técnicas de Pulido y su Impacto en la Pérdida de Peso

Diferentes sistemas y técnicas de pulido producen distintos grados de pérdida de peso en las resinas compuestas. Ergücü y Türkün (5) evaluaron varios sistemas de pulido en resinas nanohíbridas, encontrando diferencias significativas en la pérdida de peso según la técnica empleada.

Los sistemas de pulido multipasos generalmente producen menor pérdida de peso que los sistemas de un solo paso, probablemente debido a una reducción más gradual y controlada de la rugosidad superficial (36). Sin embargo, estudios recientes han mostrado que algunos sistemas de un solo paso de nueva generación pueden lograr resultados comparables con menor pérdida de material (37).

La velocidad de rotación, la presión aplicada y el tiempo de pulido también influyen significativamente en la cantidad de material removido durante el procedimiento. Jung et al. (38) demostraron que el uso de velocidades de rotación moderadas (8,000-12,000 rpm) y presiones ligeras minimiza la pérdida de peso sin comprometer la calidad del pulido.

c. Relación entre Composición de la Resina y Pérdida de Peso

La composición de las resinas compuestas juega un papel crucial en su resistencia a la abrasión durante el pulido:

Tamaño y distribución de las partículas de relleno: Las resinas nanohíbridas, con partículas de tamaño reducido y distribución más homogénea, generalmente presentan menor pérdida de peso durante el pulido que las resinas microhíbridas o híbridas convencionales (39)

Fracción volumétrica de relleno: Un mayor contenido de relleno inorgánico se asocia con menor pérdida de peso durante el pulido, debido a la mayor resistencia a la abrasión que proporcionan estas partículas (40).

Tipo de matriz resinosa: La composición química de la matriz influye en su dureza y, por tanto, en su resistencia a la abrasión. Matrices basadas en UDMA han mostrado mayor resistencia al desgaste que aquellas basadas principalmente en Bis-GMA (41).

Calidad de la interfaz matriz-relleno: El tratamiento de las partículas de relleno con agentes de acoplamiento silano influye en la calidad de su unión con la matriz polimérica y, consecuentemente, en la resistencia al desprendimiento durante el pulido (42).

d. Métodos de Cuantificación de la Pérdida de Peso

La evaluación precisa de la pérdida de peso durante el pulido de resinas compuestas requiere metodologías estandarizadas. Los métodos más comúnmente empleados incluyen:

Gravimetría: Implica la medición de la masa de las muestras antes y después del procedimiento de pulido, utilizando balanzas analíticas de alta precisión (sensibilidad ≤ 0.01 mg). Este método proporciona una medida directa de la pérdida de material (5)

Perfilometría: Permite cuantificar el volumen de material removido mediante el análisis tridimensional de la superficie antes y después del pulido. Este método proporciona información adicional sobre la topografía superficial y la profundidad de desgaste (35)

Microscopía confocal láser: Ofrece análisis tridimensionales detallados de la superficie, permitiendo la cuantificación tanto de la pérdida de volumen como de los cambios en la rugosidad superficial (2)

Microanálisis por sonda electrónica: Permite evaluar los cambios en la composición elemental de la superficie antes y después del pulido, identificando la pérdida preferencial de componentes específicos (2)

e. Implicaciones Clínicas de la Pérdida de Peso por Pulido

La pérdida de peso durante el pulido tiene importantes implicaciones clínicas que deben ser consideradas:

Alteración de la anatomía: Una excesiva pérdida de material puede comprometer la anatomía oclusal y los puntos de contacto, afectando la función masticatoria (36)

Exposición de porosidades internas: El desgaste excesivo puede exponer porosidades y defectos internos del material, comprometiendo las propiedades mecánicas y estéticas de la restauración (34).

Integridad marginal: La pérdida de material en la interfaz diente-restauración puede comprometer el sellado marginal, aumentando el riesgo de microfiltración, tinción marginal y caries secundaria (40).

Alteraciones en la textura superficial: El pulido modifica la textura superficial de las restauraciones, afectando propiedades como el brillo, la reflexión de la luz y la resistencia a la tinción (43)

Los estudios de Türkün (5) ha demostrado que, a pesar de la inevitable pérdida de material durante el pulido, los beneficios de este procedimiento en términos de reducción de la rugosidad superficial y mejora de la resistencia a la tinción compensan ampliamente esta desventaja, especialmente en resinas nanohíbridas.

5.1.5. Sistemas de Pulido Dental

a. EVE Diacomp Plus Twist (EVE-DP)

El sistema Diacomp Plus Twist de EVE es un pulidor de composite revolucionario, con una geometría en espiral que permite un pulido eficiente en 2 pasos, incluso en materiales compuestos muy duros.

Características principales:

- Sistema de 2 pasos: pre-pulido (medium) y alto brillo (fine). La geometría Twist adapta el pulidor a cualquier superficie con un solo instrumento.
- Impregnado de diamante, ideal para resinas compuestas, híbridos cerámicos y materiales de impresión 3D.
- RPM recomendadas: entre 3 000 y 8 000, con máximo de 20 000 RPM.
- Presentaciones habituales: unidades de 6 o 10 piezas según diámetro (11 mm o 14 mm) y granulometría (medium/fine).

Ventajas:

- Permite pulir áreas complejas y contornos con un solo pulidor.
- Ahorra tiempo al combinar dos niveles de abrasión en una sola herramienta.
- Alta durabilidad y resultados consistentes incluso con composites duros(44)

b. ULTRADENT Jiffy Composite Adjusting and Polishing (UD-JCP)

El sistema Jiffy de Ultradent incluye copas, discos, puntos y brochas diseñados para contornear, terminar y pulir restauraciones de composite con alto brillo.

Características principales:

- Granulometrías coarse, medium y fine, formuladas con abrasivo diamantado de Ultradent para acabado estético en composites.
- Kits típicos contienen: 3 copas, 3 discos, 3 puntos (cada uno coarse, medium, fine).
- Fabricados en caucho impregnado de sílice, autoclavables y sin látex natural.

Beneficios:

- Ajuste eficiente del contorno y textura de superficies restauradas.

- Acabado de alto brillo, reproducible con rapidez y facilidad.

Instrucciones de uso:

- Empezar con granulometría coarse en copas/discos/puntos para formas iniciales.
- Continuar con medium para refinar contornos.
- Finalizar con fine para lograr un brillo pulido.
- Usar a 3 000 8 000 RPM en contraángulo o pieza de mano con movimientos intermitentes(45)

c. 3M™ Sof-Lex™ Discos XT (3M-SL)

Sistema de pulido mediante discos flexibles recubiertos con óxido de aluminio. El sistema Sof-Lex de 3M es uno de los más tradicionales y estudiados en la literatura odontológica. Consiste en discos recubiertos con partículas de óxido de aluminio de diferentes granulometrías, codificados por colores.

Características principales:

- Perfil extrafino (XT) para mayor accesibilidad sin perder rigidez.
- Cuatro granos: coarse, medium, fine y superfine, codificados por colores.
- Diámetros: 9,5 mm (3/8") y 12,7 mm (1/2"). Kit con 30 discos por grano en ambos diámetros, más 1 mandril RA.
- Sistema Pop-On™ (montaje fácil) con cuerpos metálicos estériles y resistentes a fracturas.
- Indicados para pulir composites, cerámicas e ionómero de vidrio en restauraciones estéticas.

Beneficios:

- Acabado de alto brillo en áreas complejas sin dañar estructuras adyacentes.
- Cambio rápido de discos gracias al sistema Pop-On.

- Ideal para zonas interproximales y márgenes difíciles(46)

d. FGM Diamond Pro (FGM-DP)

Los discos Diamond Pro de FGM están diseñados específicamente para contornear, acabar y pulir materiales restauradores como resinas compuestas y cerámicas.

Características principales:

- Granos disponibles: Grosso, medio, fino y extrafino.
- Diámetros: 8 mm y 12 mm.
- Permiten acabados lisos y brillantes gracias a su secuencia de granos.
- Alta flexibilidad, ideal para superficies irregulares o ángulos difíciles.
- Sistema práctico de montaje en mandriles, fácil de usar.

Usos principales: Contorneado y pulido en restauraciones estéticas.

Modo de empleo:

- Seleccionar el disco de acuerdo con la etapa del procedimiento (contorneado, acabado o pulido).
- Montar el disco en el mandril utilizando el soporte de silicona.
- Operar con baja velocidad, aplicando presión ligera y movimientos intermitentes(47).

e. Versión genérica de EVE Diacomp Plus Twist CN-EVE-DP

Versión genérica manufacturada en China que imita el diseño y características del sistema EVE Diacomp Plus Twist original. Estas versiones suelen tener composición de materiales, procesos de fabricación y control de calidad diferentes a los productos originales.

Características principales:

- Pulidores en espiral o disco rotatorio impregnados de diamante de 11mm.

- Consta de 2 etapas (pre-polish medium y fine).
- Caja de 6 piezas(48)

f. Versión genérica de ULTRADENT Jiffy Composite Adjusting and Polishing (CN-UD-JCP)

Versión genérica manufacturada en China que imita el sistema Jiffy de Ultradent. Estos productos alternativos pueden presentar diferencias en la composición y distribución de las partículas abrasivas, así como en la dureza y flexibilidad de la matriz de silicona.

Características principales:

- Kits con copas, discos y puntos de goma impregnados de silicona/diamante
- Consta 3 pasos (coarse, medium, fine)
- Kits de 9 unidades por caja(49)

g. Versión genérica de 3M™ Sof-Lex™ Discos XT (CN-3M-SL)

Versión genérica manufacturada en China que imita el sistema de discos Sof-Lex de 3M.

Características principales:

- Discos de pulido dental
- Color: amarillo/azul/verde/blanco
- Diámetro del disco: 14 mm
- Tamaño del vástago: 25 mm
- Indicaciones: Acabado y pulido de compuestos, cerámica y restauraciones dentales de ionómero de vidrio(50)

h. Versión genérica de FGM Diamond Pro (CN-FGM-DP)

Versión genérica manufacturada en China que imita el sistema Diamond Pro de FGM. Al igual que con otras versiones genéricas, pueden existir diferencias significativas en la composición de la matriz, concentración y calidad de partículas de diamante, y adaptabilidad a distintas superficies.

Características principales:

- Discos de vástago de disco de pulido de acabado compuesto dental
- Color: negro/rojo/azul/blanco
- Kit de 40 piezas y 4 mandriles, 10 discos de cada color(4)

5.1.6. Implicaciones Clínicas de las Versiones genéricas

Las versiones genéricas de sistemas de pulido pueden presentar diferencias significativas en rendimiento clínico respecto a los productos originales. Estudios comparativos han documentado variaciones en la capacidad para reducir la rugosidad superficial, estabilidad del color y durabilidad del pulido. Estas diferencias podrían impactar negativamente en(3,51)

- La calidad del acabado superficial de las restauraciones.
- La estabilidad del color a largo plazo.
- La resistencia a la acumulación de placa bacteriana.
- La durabilidad del efecto de pulido.

La literatura científica recomienda cautela al utilizar versiones genéricas, considerando que el ahorro económico inicial podría verse contrarrestado por resultados clínicos inferiores o menos predecibles (52).

5.2. Antecedentes Investigativos

- Efecto de los procedimientos de pulido sobre la rugosidad superficial y la estabilidad del color de los compuestos nanohíbridos

Autores: Srinivasan, Dr. K.

Resumen: Antecedentes: Es crucial comprender los diversos agentes capaces de afectar negativamente la estética de una restauración debido a su capacidad de producir manchas.

Objetivo: El objetivo de este estudio in vitro fue evaluar el efecto del pulido superficial, las bebidas orales y los colorantes alimentarios sobre la rugosidad superficial y la estabilidad del color de los materiales restauradores.

Materiales y Métodos: Se fabricaron 60 discos de resina compuesta nanohíbrida de diferentes fabricantes, de 4 mm de diámetro y 5 mm de grosor, utilizando un molde de teflón hecho a medida. Se midió la rugosidad superficial previa al pulido (Ra_1) de las cinco muestras utilizando un perfilómetro superficial. Se registró el valor espectrofotométrico previo a la inmersión (ΔE_1) como línea base del color de las muestras.

Se formaron tres grupos, consistentes en 20 muestras cada uno, es decir: Grupo I: Grupo control; Grupo II; Grupo III. Las muestras se dividieron en subgrupos (A, B, C, D), que fueron sumergidos en la solución de prueba correspondiente durante 10 minutos, tres veces al día durante 15 días:

Subgrupo A: Labial

Subgrupo B: Arándanos indios

Subgrupo C: Caramelo azucarado

Subgrupo D: Bebida carbonatada (Fanta)

Se registró el valor profilométrico posterior a la inmersión para evaluar la rugosidad provocada por las soluciones (Ra_2), y se registró el valor espectrofotométrico para evaluar el cambio de color en las muestras (ΔE_2). Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA.

Resultados: Los valores promedio de rugosidad ($Ra_2 - Ra_1$) más altos se registraron en el grupo Sof-Lex, seguidos por la pasta de pulido con diamante y el grupo control.

Conclusión: La alteración del color de los materiales se ve afectada por el tipo de sustancia y el tiempo de almacenamiento(6).

- Análisis de las Propiedades Físicas y Mecánicas de Composites Universales Bajo Diferentes Tipos de Pulido Antes y Después de un Desafío Ácido

Autores: José Roberto Vergínio de Matos, Leticia Barbero Antunes, Isabela Araguê Catanoze, Isabela Saturnino de Souza, Paulo Henrique dos Santos, Aimée Maria Guiotti

Resumen: Este estudio evalúa las propiedades físicas y mecánicas de composites universales sometidos a diferentes métodos de pulido, antes y después de un desafío ácido. Se analizaron parámetros como la resistencia, el brillo y la rugosidad superficial, determinando cómo los diferentes sistemas de pulido afectan la estabilidad y el desempeño del material frente a condiciones agresivas. Los resultados destacan la importancia de elegir el método de acabado adecuado para garantizar la durabilidad y la estética de las restauraciones dentales (4).

- Efecto del Pulido Lubricado y Repulido sobre el Brillo, Rugosidad y Pérdida de Material de Composites de Resina Nanoparticulada

Autores: Vanessa de Faria, Jefferson Pires da Silva Júnior, Taciana Marco Ferraz Caneppele, Eduardo Bresciani

Resumen: Este estudio investigó cómo diferentes protocolos de pulido en seco y lubricado afectan el brillo, la rugosidad y la pérdida de material de composites de resina nanoparticulada, antes y después del cepillado simulado. Se prepararon 100 especímenes cilíndricos de resina compuesta y se dividieron en un grupo sin pulir y tres grupos de prueba: Dimanto (DIM), Sof-Lex Pop-On (SOF) y Astrobrush (ASTRO). Los parámetros de superficie, como brillo, rugosidad y pérdida de material, se evaluaron en cuatro etapas: línea base, pulido, cepillado simulado y repulido. Los resultados mostraron que la lubricación no influyó en los parámetros después del pulido con DIM, mientras que SOF tuvo mejor desempeño sin lubricantes y ASTRO alcanzó mayor brillo y menor rugosidad cuando se lubricó. DIM mostró menor pérdida de material con vaselina, SOF con agua y ASTRO tuvo mayor pérdida con vaselina. Conclusión: El brillo, la rugosidad y la pérdida de material de los composites nanoparticulados se ven influenciados por el sistema de pulido y el tipo de lubricante utilizado. Sin

embargo, ninguna diferencia superó los umbrales de percepción clínica, sugiriendo que todos los protocolos probados son viables para su aplicación clínica, manteniendo niveles aceptables de acumulación de biofilm y brillo superficial (53).

- Efecto de los Sistemas de Acabado y Pulido sobre la Rugosidad Superficial y el Cambio de Color de Resinas Compuestas

Autores: Aydın N, Topçu F, Karaoğlanoğlu S, Oktay E, Erdemir U

Resumen: Este estudio analiza la rugosidad superficial y los cambios de color en resinas compuestas tras la aplicación de diferentes sistemas de acabado y pulido. Se prepararon 200 muestras de resinas compuestas (6x2 mm) con rellenos supra-nano, submicrónicos híbridos, nanohíbridos, nano-cerámicos y microhíbridos, que fueron pulidas con sistemas de acabado y pulido de diamante, óxido de aluminio y carburo de silicio. Los valores iniciales de color se midieron con un espectrofotómetro, y los valores de rugosidad superficial con un perfilómetro. Posteriormente, las muestras se sumergieron en solución de café y se realizaron mediciones de color al primer y séptimo día. Las diferencias en rugosidad superficial (R_a) y cambio de color (ΔE_{ab}) se evaluaron mediante análisis de varianza bidireccional (ANOVA, $p < 0.05$).

Resultados: Los sistemas de acabado y pulido generaron diferencias estadísticamente significativas en la rugosidad superficial de las muestras de resina compuesta nano-cerámica, submicrónica híbrida y microhíbrida ($p < 0.05$). Las resinas supra-nano, que mostraron la menor rugosidad superficial tras todos los sistemas de pulido, presentaron el menor cambio de color después de 7 días en comparación con otros grupos ($p < 0.05$). La resina microhíbrida, con la mayor rugosidad superficial, fue la que experimentó mayor cambio de color ($p < 0.05$).

Conclusiones: El sistema de acabado y pulido en espiral con partículas de diamante fue el más efectivo para minimizar la diferencia de color en todos los grupos de resina. Sin embargo, las diferencias de color en todos los grupos de resinas compuestas superaron los umbrales de perceptibilidad (PT) y aceptabilidad (AT) (42).

6. Hipótesis

6.1. Hipótesis Nula (H_0)

Las diferentes técnicas de pulido mecánico no generan diferencias significativas en la rugosidad superficial, estabilidad cromática y pérdida de peso de la resina compuesta nanohíbrida sometida a condiciones simuladas de exposición al ácido clorhídrico (HCl).

6.2. Hipótesis Alternativa (H_1)

Las diferentes técnicas de pulido mecánico generan diferencias significativas en la rugosidad superficial, estabilidad cromática y pérdida de peso de la resina compuesta nanohíbrida sometida a condiciones simuladas de exposición al ácido clorhídrico (HCl).



CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1. Diseño metodológico

Este estudio de investigación posee un enfoque cuantitativo, con un diseño metodológico observacional, prospectivo, longitudinal y comparativo. Se desarrollará en un ámbito laboratorial, empleando un diseño experimental. El nivel de la investigación es comparativo, permitiendo analizar las diferencias o similitudes entre las variables estudiadas en función de las características previamente definidas (54,55).

2. Población y muestra

La muestra seleccionada para este estudio estuvo compuesta por discos elaborados con resina nanohíbrida de alta calidad (3M Filtek Z350), ampliamente reconocida por sus propiedades estéticas y mecánicas. En total, se produjeron 45 discos, cada uno con un diámetro de 8 mm y una profundidad estándar de 2 mm, asegurando uniformidad en las dimensiones para garantizar la consistencia en los resultados. Estos discos fueron cuidadosamente distribuidos de manera aleatoria en 9 grupos distintos, cada uno correspondiente a una técnica específica de pulido (4).

El tamaño de la muestra se definió en función de la disponibilidad limitada del material, ya que la resina empleada presenta un costo elevado y se empleó con precisión para maximizar los recursos sin comprometer la calidad del estudio.

2.1. Grupos experimentales:

- EVE-DP: EVE Diacomp Plus Twist
- UD-JCP: ULTRADENT Jiffy Composite Adjusting and Polishing
- 3M-SL: 3M™ Sof-Lex™ Discos XT
- FGM-DP: FGM Diamond Pro
- CN-EVE-DP: Versión genérica china de EVE Diacomp Plus Twist
- CN-UD-JCP: Versión genérica china de ULTRADENT Jiffy Composite Adjusting and Polishing
- CN-3M-SL: Versión genérica china de 3M™ Sof-Lex™ Discos XT
- CN-FGM-DP: Versión genérica china de FGM Diamond Pro
- CTRL: Grupo control (sin técnica de pulido aplicada)

3. Tabla de variables

Tabla 1
Variables

Variable	Indicador	Unidad de medida	Escala
Técnicas de pulido	EVE-DP: EVE Diacomp Plus Twist UD-JCP: ULTRADENT Jiffy Composite Adjusting and Polishing 3M-SL: 3M™ Sof-Lex™ Discos XT FGM-DP: FGM Diamond Pro CN-EVE-DP: Versión genérica china de EVE Diacomp Plus Twist CN-UD-JCP: Versión genérica china de ULTRADENT Jiffy Composite Adjusting and Polishing CN-3M-SL: Versión genérica china de 3M™ Sof-Lex™ Discos XT CN-FGM-DP: Versión genérica china de FGM Diamond Pro	Tipo de instrumento	Nominal
Rugosidad	Ra: Promedio de rugosidad superficial	Micrómetros (μm)	-Excelente: Ra < 0.2 μm -Bueno: Ra entre 0.2 – 0.5 μm -Aceptable: Ra entre 0.5 – 1.0 μm -Deficiente: Ra > 1.0 μm
	Rz: Altura máxima de las irregularidades del perfil de la superficie	Micrómetros (μm)	-Excelente: Rz < 1.5 μm -Bueno: Rz entre 1.5 – 2.5 μm -Aceptable: Rz entre 2.6 – 4.0 μm -Deficiente: Rz > 4.0 μm
Color	Cambio de color (ΔE)	ΔE	- $\Delta E^* < 1$: cambios de color indetectables para el ser humano ojo; - $\Delta E^* < 3,3$: cambios de color clínicamente aceptables - $\Delta E^* > 3,3$: cambios de color clínicamente inaceptables que obligan a sustituir la resina por mala estética.
Peso	Variación en peso	Miligramos (mg)	-Muy baja: 0 a -2 (Pulido muy conservador) -Baja: -2.01 a -6 (Pulido moderadamente abrasivo) -Moderada: -6.01 a -12 (Pérdida de peso considerable) -Alta: -12.01 a -20 (Pulido agresivo, riesgo de desgaste excesivo) -Muy alta/extrema: > -20 (Pérdida excesiva de material, no recomendable)

*Generado por el autor

4. Técnicas y procedimientos

4.1. Preparación de las muestras

Se prepararon un total de 45 muestras de resina compuesta nanohíbrida (3M Filtek Z350) utilizando una matriz metálica cilíndrica desmontable con dimensiones de 8 mm de diámetro y 2 mm de espesor. La matriz metálica fue colocada sobre una platina de vidrio para garantizar estabilidad durante la aplicación del material. El composite fue aplicado en una sola adición utilizando una espátula Hu Friedy y modelado con un Optrasculp Pad. Antes de la fotopolimerización, se aplicó glicerina en gel sobre la superficie para prevenir la inhibición por oxígeno. Posteriormente, la resina fue fotopolimerizada durante 20 segundos con una lámpara LED Valo con una potencia de 1.000 mW/cm². Una vez polimerizadas, las muestras fueron cuidadosamente retiradas de la matriz metálica y almacenadas en agua destilada a temperatura ambiente durante 24 horas.

4.2. Distribución de grupos experimentales

Las muestras fueron distribuidas aleatoriamente en 9 grupos experimentales, cada uno compuesto por 5 discos de resina compuesta. Los grupos se definieron según las técnicas de pulido y los materiales utilizados:

- EVE-DP: EVE Diacomp Plus Twist
- UD-JCP: ULTRADENT Jiffy Composite Adjusting and Polishing
- 3M-SL: 3M™ Sof-Lex™ Discos XT
- FGM-DP: FGM Diamond Pro
- CN-EVE-DP: Versión genérica china de EVE Diacomp Plus Twist
- CN-UD-JCP: Versión genérica china de ULTRADENT Jiffy Composite Adjusting and Polishing
- CN-3M-SL: Versión genérica china de 3M™ Sof-Lex™ Discos XT
- CN-FGM-DP: Versión genérica china de FGM Diamond Pro
- CTRL: Grupo control (sin técnica de pulido aplicada)

4.3. Procedimiento de pulido

El procedimiento de pulido fue realizado utilizando los materiales correspondientes a cada grupo experimental, se realizaron en dos etapas antes y después de ser sometidas a la solución ácida. Tras la aplicación inicial de las técnicas, a todas las muestras se les aplicó un acabado final utilizando Filtros Diamond combinados con dos tipos de pastas: Diamond R y Diamond EXCEL. Las muestras fueron estabilizadas en la matriz metálica para asegurar la uniformidad del procedimiento. El pulido se realizó con movimientos horizontales de izquierda a derecha, manteniendo una presión constante de acuerdo con las especificaciones de cada material. Finalmente, las muestras fueron lavadas con agua destilada y secadas con papel absorbente(4).

4.4. Simulación de exposición a ácido clorhídrico

Después del primer pulido las muestras fueron sumergidas en ácido clorhídrico (HCl al 5%) durante 91 horas a $37 \pm 1^\circ\text{C}$, en una incubadora, con el fin de simular condiciones clínicas equivalentes a un año de exposición ácida, como ocurre en pacientes con reflujo gastroesofágico. Al finalizar la inmersión, las muestras fueron enjuagadas tres veces con agua destilada y secadas cuidadosamente con papel absorbente. Este procedimiento buscó reproducir el efecto acumulativo del ambiente ácido sobre la superficie de las resinas compuestas (4).

4.5. Mediciones

Las mediciones se realizaron en diferentes etapas del proceso experimental: después de almacenar las muestras en agua destilada a temperatura ambiente durante 24 horas, después de realizar el primer pulido de las resinas, después de someter las muestras a una solución ácida y, finalmente, después de realizar el pulido final.

Rugosidad superficial: Se utilizó un rugosímetro Mitutoyo SJ210 calibrado para realizar dos mediciones por muestra siguiendo un protocolo estandarizado. Los valores se expresaron en micrómetros (μm).

Cambio de color: El análisis colorimétrico se realizó utilizando un espectrofotómetro VITA Easyshade V. Se registraron los valores en el sistema CIE Lab^* y se calculó el cambio de color (ΔE) mediante la fórmula: $\Delta E = [(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2]^{1/2}$

Variación de peso: Las muestras fueron pesadas una balanza analítica de precisión con sensibilidad de 0.0001g. La diferencia entre las mediciones iniciales y finales se registró en miligramos (mg).

4.6. Registro de datos

Todos los datos recopilados durante las mediciones fueron registrados en una base de datos organizada en Microsoft Excel, asegurando la conservación, trazabilidad y disponibilidad de los registros para su posterior análisis estadístico. La recolección de datos se realizó en cuatro momentos principales: Primero, con las muestras iniciales sin pulir. Segundo, después del primer procedimiento de pulido. Tercero, tras la exposición a condiciones simuladas en ácido clorhídrico (HCl) y Cuarto, luego del procedimiento de pulido final.

Adicionalmente, se efectuó una medición extra de rugosidad superficial inmediatamente antes del uso de las pastas de brillo durante el pulido final, con el fin de evaluar el efecto específico del componente abrasivo final sobre la textura de la superficie. Esta estructura de registro permitió un seguimiento detallado y comparativo de los cambios en cada muestra a lo largo del proceso experimental.

5. Plan de análisis

El análisis estadístico se realizó utilizando el software Jamovi (versión 2.3.18.0, Melbourne, Australia). La normalidad de los datos fue evaluada previamente mediante la prueba de Shapiro-Wilk para cada lectura. Los datos de estabilidad de color y rugosidad obtenidos entre los diferentes grupos se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, seguida de una prueba post-hoc de Dunn. Para las comparaciones intragrupal, según cada bebida, se aplicó un ANOVA de medidas repetidas con prueba post-hoc de Tukey. Se consideró un nivel de significancia del 5 % para todos los análisis.

6. Consideraciones éticas

Este estudio no requirió aprobación por parte de un comité de ética, ya que se llevó a cabo exclusivamente con materiales dentales y no involucró el uso de muestras biológicas ni la participación de seres humanos o animales.

La realización del proyecto fue diseñada para minimizar cualquier posible riesgo asociado al trabajo experimental. Se garantizaron medidas estrictas de seguridad en el laboratorio mediante la implementación de protocolos de bioseguridad, los cuales incluyeron el uso

obligatorio de equipo de protección personal como guantes, mascarillas, batas de laboratorio, gorros quirúrgicos desechables y gafas de seguridad. Estas medidas aseguraron un entorno de trabajo seguro para todos los integrantes del equipo de investigación.

7. Recursos

La presente investigación fue financiada por el proyecto "Caracterización de Resinas Compuestas Dentales de Última Generación: Resistencia al Desgaste y Pigmentación", bajo responsabilidad de la Dra. Gabriela Castro Núñez, el cual cuenta con un fondo interno otorgado por el Vicerrectorado de Investigación. Este financiamiento permitió el acceso a los recursos necesarios para su ejecución.

A continuación, se presenta una tabla con el presupuesto asignado:

Tabla 2
Presupuesto asignado

Material	Precio (S/)
EVE Diacomp Plus Twist	S/ 90.00
ULTRADENT Jiffy Composite Adjusting and Polishing	S/ 100.00
3M™ Sof-Lex™ Discos XT (Kit de 120 discos)	S/ 250.00
FGM Diamond Pro	S/ 90.00
Versiones genéricas chinas	S/ 150.00
Fieltros Diamond (juego de 10 unidades)	S/ 40.00
Pasta Diamond EXCEL (jeringa de 2g)	S/ 40.00
Pasta Diamond EXCEL ULTRAFINE (jeringa de 2g)	S/ 60.00
3M Z350 EB2 – 4 jeringas	S/ 720.00
Rugosímetro - Mitutoyo SJ210	S/ 17000.00
Colorímetro – VITA Easyshade V	S/ 10000.00
Balanza de precisión	S/ 2000.00
TOTAL	S/ 30,540.00

*Generado por el autor

8. Instrumentos Mecánicos

Para la ejecución del presente estudio, se emplearon diversos instrumentos mecánicos que facilitaron tanto la preparación de las muestras como la medición de las variables de interés.

Entre los instrumentos utilizados se incluyen:

- Espátula de resina: Herramienta manual diseñada para la manipulación y aplicación precisa de la resina compuesta dentro de la matriz metálica.
- Optrasculp Pad: Instrumento especializado que permitió el modelado de la superficie de la resina, asegurando uniformidad en la forma y textura inicial de las muestras.
- Lámpara LED VALO: Dispositivo utilizado para la fotopolimerización de las capas de resina, con una potencia de 1.000 mW/cm^2 , asegurando una adecuada polimerización del material restaurador.
- Micromotor eléctrico: Herramienta rotatoria de alta precisión utilizada para la aplicación de los distintos sistemas de pulido sobre las muestras. Su velocidad constante y controlada permitió estandarizar el procedimiento de pulido mecánico, garantizando reproducibilidad en el desgaste superficial.
- Incubadora: Equipo utilizado para mantener una temperatura constante de $37 \pm 1^\circ\text{C}$ durante la inmersión de las muestras en ácido clorhídrico (HCl), simulando condiciones fisiológicas de la cavidad oral en casos de reflujo gastroesofágico. Su uso permitió controlar adecuadamente el ambiente de exposición ácida durante el experimento.
- Rugosímetro Mitutoyo SJ210: Instrumento de precisión calibrado para la medición de la rugosidad superficial. Se realizaron dos mediciones por muestra, siguiendo un protocolo estandarizado. Los valores obtenidos se expresaron en micrómetros (μm), proporcionando datos confiables sobre las condiciones superficiales antes y después de cada intervención.
- Espectrofotómetro VITA Easyshade V: Utilizado para el análisis colorimétrico de las muestras.
- Balanza analítica de precisión (sensibilidad: 0.0001 g): Utilizada para registrar el peso de las muestras antes y después del proceso experimental. Las variaciones de peso se expresaron en miligramos (mg), reflejando la pérdida de material como indicador de desgaste.

9. Materiales

El desarrollo del estudio requirió el uso de materiales dentales específicos que cumplieron con las características necesarias para garantizar la validez de los resultados. Los principales materiales utilizados incluyen:

Resina nanohíbrida (3M Filtek Z350): Material de alta calidad reconocido por sus propiedades estéticas y mecánicas, empleado para la elaboración de las muestras.

Materiales para el pulido: Los sistemas de pulido empleados en este estudio incluyeron versiones originales y sus respectivas réplicas genéricas. Dentro de los sistemas originales, se utilizaron:

- EVE Diacomp Plus Twist
- ULTRADENT Jiffy Composite Adjusting and Polishing
- 3M™ Sof-Lex™ Discos XT
- FGM Diamond Pro

Además, se incluyeron versiones genéricas de procedencia china, correspondientes a cada sistema mencionado, así como un juego de fieltros Diamond (10 unidades) empleados en la etapa final de pulido para el brillo superficial.

10. Cronograma

Tabla 3
Cronograma

Actividad	Semanas											
	Mar - S1	Mar - S2	Mar - S3	Mar - S4	Abr - S1	Abr - S2	Abr - S3	Abr - S4	May - S1	May - S2	May - S3	May - S4
Aprobación del Proyecto			X	X								
Procedimientos Metodológicos					X	X						
Recolección de datos					X	X						
Estructuración de datos							X	X				
Informe final								X	X			

*Generado por el autor

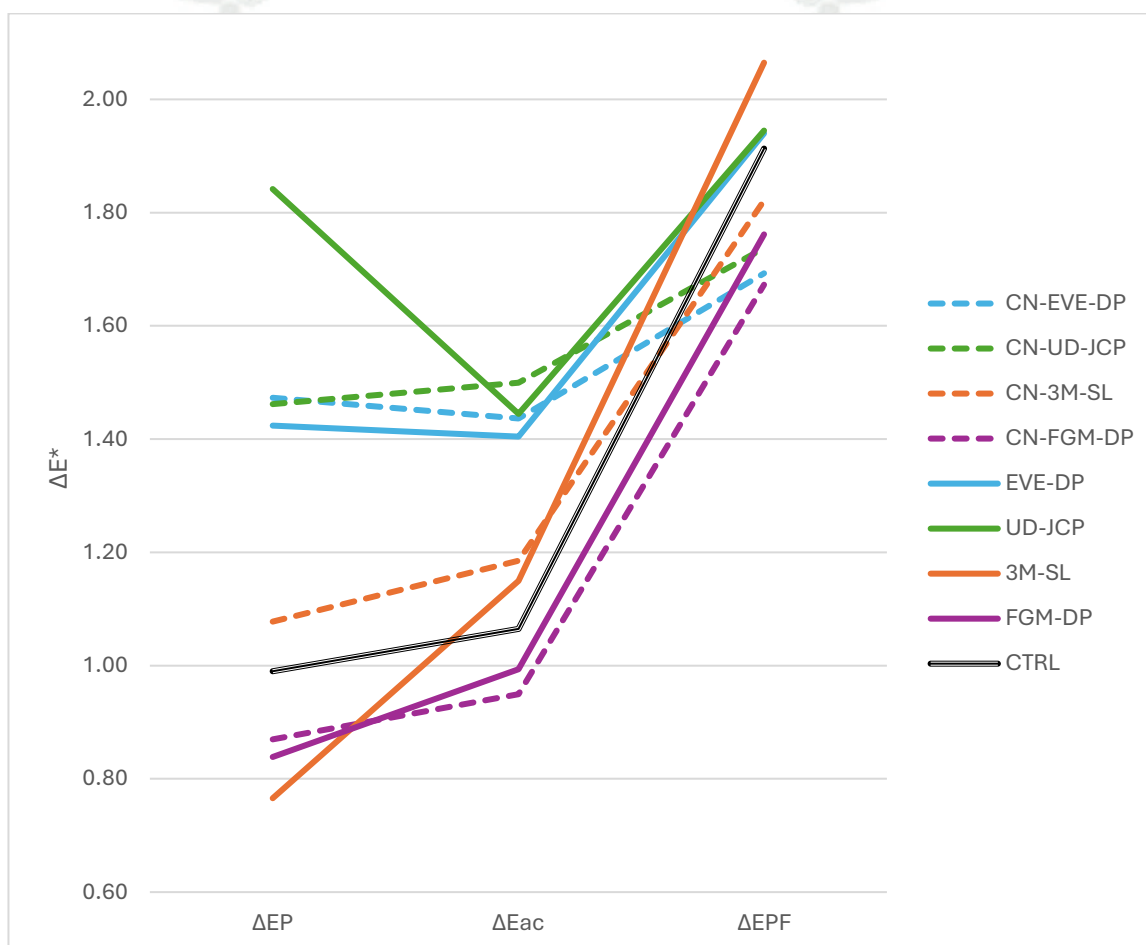


CAPÍTULO III RESULTADOS

1. Resultados

En las tablas y gráficos de resultados se utilizan códigos abreviados para los distintos sistemas de pulido evaluados: EVE-DP (EVE Diacomp Plus Twist), UD-JCP (ULTRADENT Jiffy Composite Adjusting and Polishing), 3M-SL (3M™ Sof-Lex™ Discos XT), FGM-DP (FGM Diamond Pro) y CTRL (grupo control). Las versiones genéricas chinas de cada sistema se identifican con el prefijo "CN-".

Figura 1
Cambio de color por etapas en función del sistema de pulido y desafío ácido evaluados



El gráfico 1 presenta los valores detallados valores de cambio de estabilidad de color de la resina. Los resultados obtenidos indican que solo algunos de los sistemas de pulido evaluados provocaron un cambio significativo en la estabilidad del color de la resina compuesta Z350 – 3M. No obstante, todos los valores de cambio cromático (ΔE^*) se mantuvieron dentro del umbral clínicamente aceptable (< 3.3) en todas las etapas del estudio: tras el pulido inicial (ΔEP), el desafío ácido (ΔEac) y el pulido final (ΔEPF).

Tabla 4
Media y desviación estándar de los valores de cambio de estabilidad de color de la resina, en función del sistema de pulido y desafío ácido evaluados.

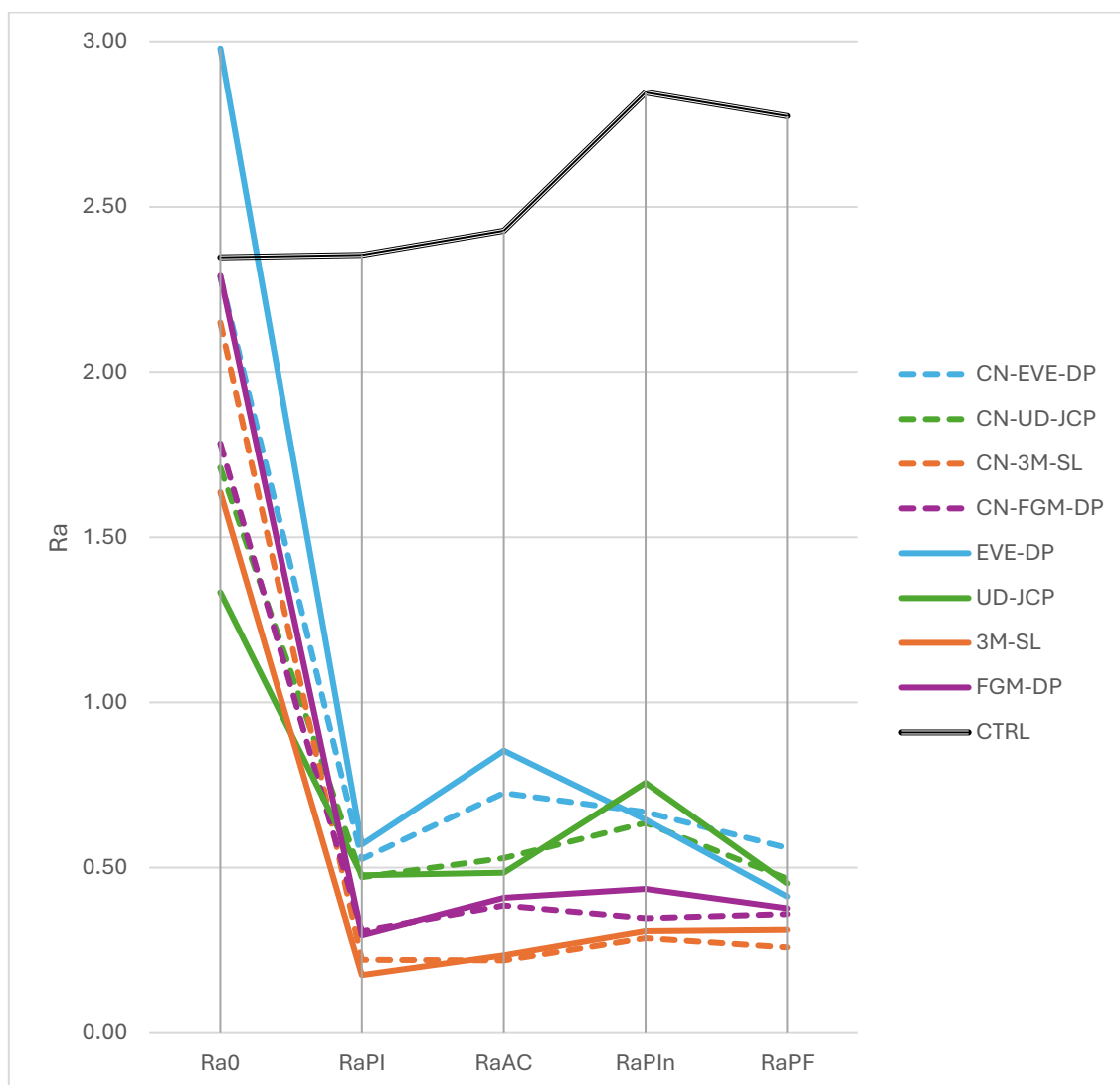
Sistema de pulido	ΔEP	ΔEac	ΔEPF
CN-EVE-DP	1.47 ± 0.42	1.44 ± 0.59	1.69 ± 0.38
CN-UD-JCP	1.46 ± 0.91	1.50 ± 0.89	1.74 ± 0.81
CN-3M-SL	1.08 ± 0.31	1.19 ± 0.33	1.82 ± 0.38
CN-FGM-DP	0.83 ± 0.52 ^A	0.95 ± 0.14 ^A	1.67 ± 0.40 ^B
EVE-DP	1.42 ± 0.74 ^{AB}	1.40 ± 1.15 ^A	1.94 ± 1.19 ^B
UD-JCP	1.84 ± 0.85 ^{AB}	1.44 ± 0.58 ^A	1.94 ± 0.71 ^B
3M-SL	0.77 ± 0.35 ^A	1.15 ± 0.21 ^A	2.06 ± 0.52 ^B
FGM-DP	0.84 ± 0.50 ^A	0.99 ± 0.45 ^A	1.76 ± 0.46 ^B
CTRL	0.99 ± 0.21	1.06 ± 0.41	1.91 ± 1.15

Los valores promedio seguidos de letras minúsculas diferentes en las columnas y letras mayúsculas en las filas, expresan diferencias estadísticamente significantes a $p < 0.05$ (prueba de Dunn). ΔEP : estabilidad de color después del pulido inicial; ΔEac : cambio de estabilidad de color después del desafío ácido; ΔEPF : cambio de estabilidad de color después del pulido final.

La tabla 4 muestra que los sistemas CN-FGM-DP, EVE-DP, UD-JCP, 3M-SL y FGM-DP mostraron un comportamiento similar entre sí, generando los mayores cambios en el color de la resina, particularmente después del pulido final, con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). En cambio, los demás sistemas, así como el grupo control sin pulido (CTRL), no evidenciaron alteraciones significativas a lo largo del experimento.

El análisis comparativo entre los diferentes puntos de medición (ΔEP , ΔEac y ΔEPF) no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Figura 2
Rugosidad Ra de la resina, en función del sistema de pulido y desafío ácido evaluados



La evolución de la rugosidad a lo largo del experimento se ilustra en el Gráfico 2. Se observó una tendencia general a la reducción de los valores de rugosidad tras la aplicación de los sistemas de pulido, con excepción del grupo control sin pulido (CTRL). Todos los sistemas de pulido mostraron una disminución significativa en la rugosidad tras el pulido inicial (RaPI) en comparación con la rugosidad basal (Ra0) ($p < 0.05$), y dicha mejora se mantuvo luego del desafío con ácido clorhídrico (RaAC), sin cambios estadísticamente significativos ($p > 0.05$).

La mayoría de los sistemas conservaron su estabilidad en la rugosidad hasta el pulido final (RaPF); sin embargo, los sistemas UD-JCP y 3M-SL presentaron un aumento significativo en la rugosidad tras el pulido intermedio (RaPIIn) ($p < 0.05$). En particular, 3M-SL mantuvo este incremento incluso después del pulido final ($p < 0.05$).

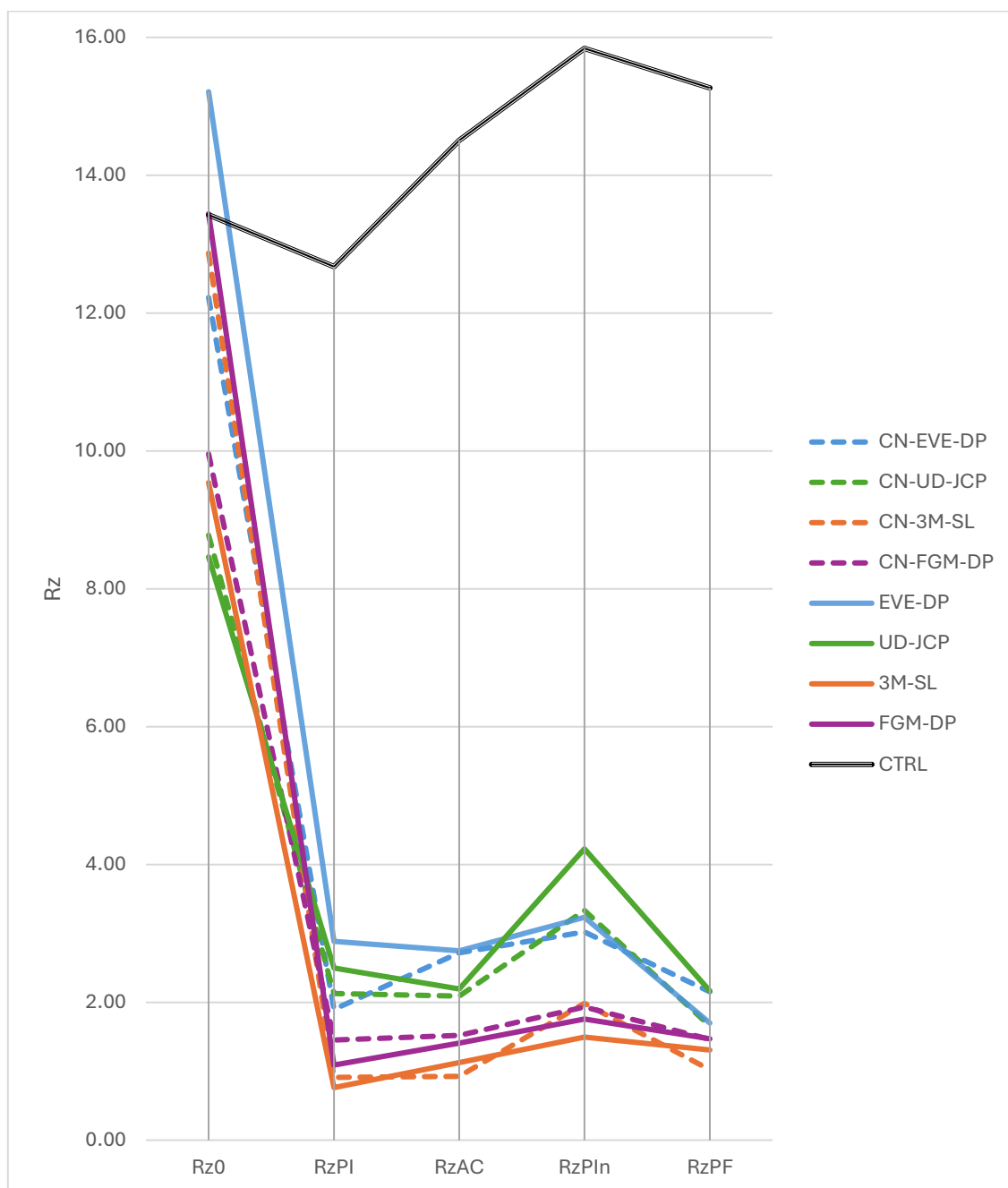
Tabla 5
Media y desviación estándar de los valores de rugosidad Ra de la resina, en función del sistema de pulido y desafío ácido evaluados

Sistema de pulido	Ra0	RaPI	RaAC	RaPIn	RaPF
CN-EVE-DP	2.29 ± 0.67 ^B	0.53 ± 0.73 ^{a, A}	0.73 ± 0.18 ^{ab, A}	0.67 ± 0.23 ^{ab, A}	0.56 ± 0.18 ^{a, A}
CN-UD-JCP	1.71 ± 0.81 ^B	0.47 ± 0.16 ^{a, A}	0.53 ± 0.15 ^{ab, A}	0.64 ± 0.14 ^{ab, AB}	0.47 ± 0.04 ^{a, A}
CN-3M-SL	2.15 ± 0.81 ^B	0.22 ± 0.07 ^{a, A}	0.22 ± 0.05 ^{a, A}	0.29 ± 0.05 ^{a, A}	0.26 ± 0.07 ^{a, A}
CN-FGM-DP	1.78 ± 0.28 ^B	0.31 ± 0.06 ^{a, A}	0.39 ± 0.15 ^{ab, A}	0.35 ± 0.06 ^{a, A}	0.36 ± 0.04 ^{a, A}
EVE-DP	2.98 ± 1.09 ^B	0.57 ± 0.18 ^{a, A}	0.85 ± 0.60 ^{b, A}	0.65 ± 0.12 ^{ab, A}	0.41 ± 0.13 ^{a, A}
UD-JCP	1.33 ± 0.27 ^B	0.48 ± 0.12 ^{a, A}	0.48 ± 0.12 ^{ab, A}	0.76 ± 0.16 ^{b, B}	0.45 ± 0.09 ^{a, A}
3M-SL	1.64 ± 0.57 ^C	0.18 ± 0.04 ^{a, A}	0.24 ± 0.04 ^{ab, AB}	0.31 ± 0.02 ^{a, B}	0.31 ± 0.03 ^{a, B}
FGM-DP	2.29 ± 0.96 ^B	0.30 ± 0.12 ^{a, A}	0.41 ± 0.13 ^{ab, A}	0.44 ± 0.14 ^{ab, A}	0.38 ± 0.06 ^{a, A}
CTRL	2.35 ± 0.68	2.35 ± 0.51 ^b	2.43 ± 0.57 ^c	2.85 ± 0.44 ^c	2.77 ± 0.71 ^b

Los valores promedio seguidos de letras minúsculas diferentes en las columnas y letras mayúsculas en las filas, expresan diferencias estadísticamente significantes a $p < 0.05$ (prueba de Dunn). Ra0: rugosidad inicial; RaPI: rugosidad después del pulido inicial; RaAC: rugosidad después del desafío ácido; RaPIn: rugosidad intermedia; RaPF: rugosidad después del pulido final.

Los valores específicos para cada etapa de medición de la rugosidad superficial tipo Ra se presentan en la Tabla 5. El análisis entre sistemas de pulido no evidenció diferencias significativas en la mayoría de las comparaciones ($p > 0.05$), salvo en el caso de EVE-DP y UD-JCP, que registraron los mayores valores de rugosidad tras el desafío ácido (RaAC) y el pulido intermedio (RaPIn), respectivamente.

Figura 3
Rugosidad Rz de la resina, en función del sistema de pulido y desafío ácido evaluados



La evolución temporal de esta variable se muestra en la Figura 3. En términos de rugosidad superficial tipo Rz, se observó una tendencia general a la disminución de los valores tras la aplicación de los sistemas de pulido, con excepción del grupo control sin tratamiento (CTRL). Todos los sistemas de pulido lograron una reducción significativa de la rugosidad luego del pulido inicial (RzPI) en comparación con la rugosidad basal (Rz0) ($p < 0.05$), manteniendo dicha mejora tras el desafío ácido (RzAC), sin variaciones estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Tabla 6
Media y desviación estandar de los valores de rugosidad Rz de la resina, en función del sistema de pulido y desafío ácido evaluados

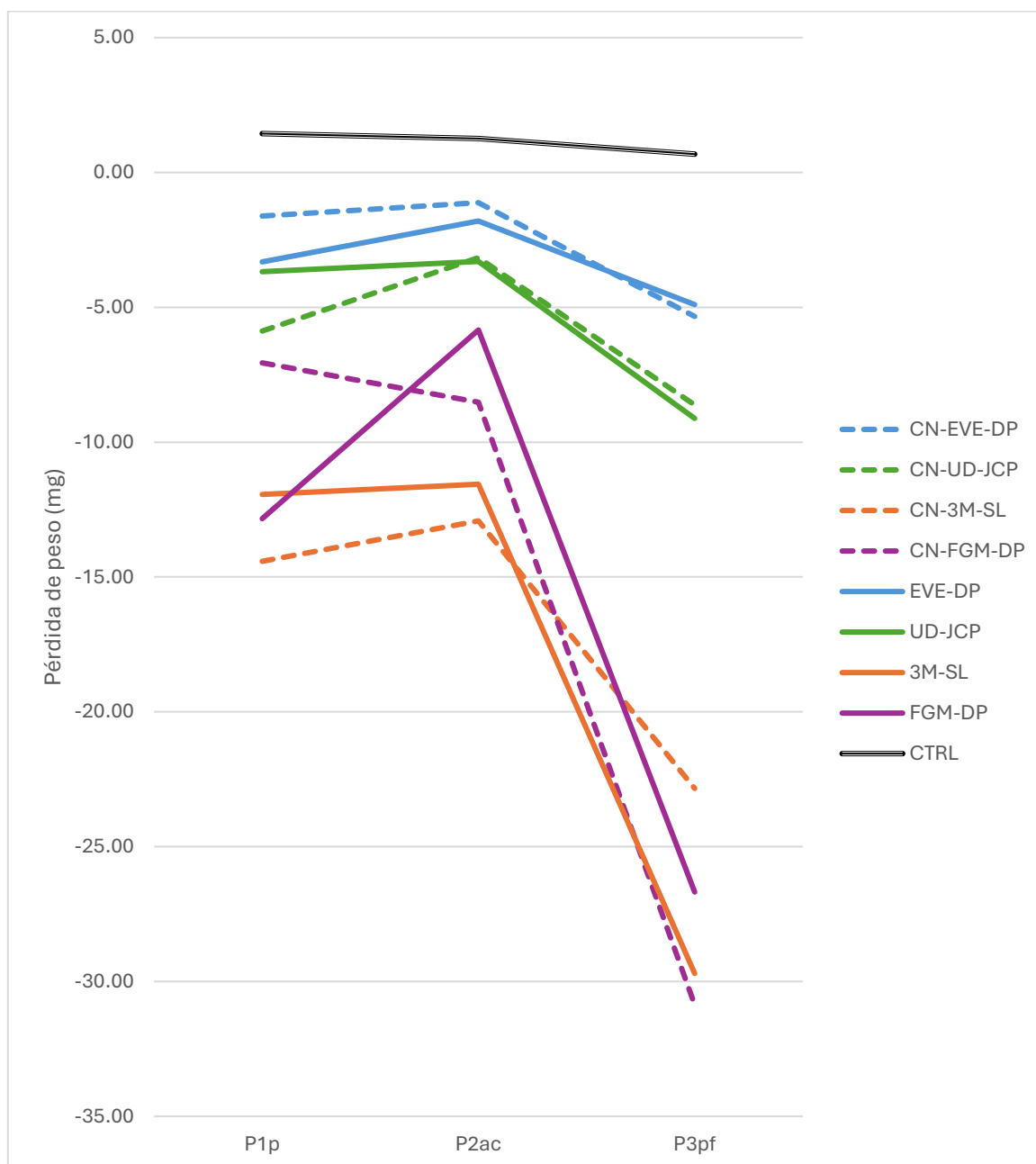
Sistema de pulido	Rz0	RzPI	RzAC	RzPIn	RzPF
CN-EVE-DP	12.33 ± 3.15 ^B	1.90 ± 0.43 ^{b, A}	2.72 ± 0.95 ^{a, A}	3.02 ± 1.02 ^{abc, A}	2.15 ± 0.90 ^{ab, A}
CN-UD-JCP	8.78 ± 2.23 ^C	2.13 ± 1.00 ^{ab, AB}	2.09 ± 0.74 ^{a, A}	3.33 ± 0.98 ^{abc, B}	1.66 ± 0.14 ^{b, AB}
CN-3M-SL	12.87 ± 4.96 ^C	0.91 ± 0.15 ^{a, A}	0.93 ± 0.18 ^{a, A}	1.99 ± 0.45 ^{ab, B}	1.02 ± 0.46 ^{ab, AB}
CN-FGM-DP	9.96 ± 1.62 ^B	1.45 ± 0.42 ^{ab, A}	1.52 ± 0.65 ^{a, A}	1.93 ± 0.26 ^{ab, A}	1.46 ± 0.26 ^{ab, A}
EVE-DP	15.21 ± 5.29 ^B	2.89 ± 1.06 ^{ab, A}	2.75 ± 1.24 ^{a, A}	3.23 ± 0.64 ^{bc, A}	1.70 ± 0.38 ^{ab, A}
UD-JCP	8.46 ± 2.09 ^C	2.50 ± 0.42 ^{b, A}	2.19 ± 0.78 ^{a, A}	4.23 ± 0.84 ^{c, B}	2.17 ± 0.77 ^{ab, A}
3M-SL	9.54 ± 3.11 ^D	0.76 ± 0.25 ^{a, A}	1.13 ± 0.16 ^{a, AB}	1.49 ± 0.08 ^{a, C}	1.31 ± 0.11 ^{a, BC}
FGM-DP	13.44 ± 4.66 ^B	1.09 ± 0.31 ^{a, A}	1.41 ± 0.58 ^{a, A}	1.76 ± 0.49 ^{a, A}	1.47 ± 0.28 ^{ab, A}
CTRL	13.43 ± 3.24	12.67 ± 2.41 ^c	14.51 ± 2.79 ^b	15.84 ± 1.89 ^d	15.27 ± 3.14 ^c

Los valores promedio seguidos de letras minúsculas diferentes en las columnas y letras mayúsculas en las filas, expresan diferencias estadísticamente significativas a $p < 0.05$ (prueba de Dunn). Rz0: rugosidad inicial; RzPI: rugosidad después del pulido inicial; RzAC: rugosidad después del desafío ácido; RzPIn: rugosidad intermedia; RzPF: rugosidad después del pulido final.

Los valores medios y desviaciones estándar de la rugosidad Rz en cada etapa del experimento se detallan en la Tabla 3. La mayoría de los sistemas conservaron valores estables de rugosidad hasta la etapa final (RzPF). No obstante, el sistema 3M-SL mostró un aumento significativo en la rugosidad luego del pulido intermedio (RzPIn) y del pulido final (RzPF) ($p < 0.05$), lo que podría indicar una menor resistencia al desgaste o una menor capacidad de recuperación en comparación con los demás sistemas.

El análisis comparativo entre sistemas de pulido no evidenció diferencias significativas en los valores iniciales (Rz0) ($p > 0.05$). Sin embargo, los sistemas CN-EVE-DP y UD-JCP presentaron mayores valores de rugosidad después del pulido inicial (RzPI) ($p < 0.05$). Tras el desafío ácido, no se encontraron diferencias significativas entre los sistemas ($p > 0.05$), aunque en la etapa intermedia (RzPIn), el sistema UD-JCP mostró el valor más elevado ($p < 0.05$). Finalmente, luego del último pulido (RzPF), la rugosidad más alta se observó en el sistema CN-UD-JCP ($p < 0.05$).

Figura 4
Pérdida de peso en función del sistema de pulido y desafío ácido evaluados



La evolución temporal de esta variable se ilustra en la Figura 4. Respecto a la pérdida de peso (mg) de los discos de resina, se identificó una tendencia general al aumento de dicha pérdida tras la aplicación del pulido final (P3PF) ($p < 0.05$), con excepción del sistema CN-EVE-DP, EVE-DP y del grupo control sin pulido (CTRL), donde no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$).

Tabla 7
Media y desviación estandar de los valores de pérdida de peso de la resina (mg), en función del sistema de pulido y desafío ácido evaluados

Sistema de pulido	P1P	P2ac	P3PF
CN-EVE-DP	-1.62 ± 1.23 ^a	-1.12 ± 0.60	-5.34 ± 3.58 ^a
CN-UD-JCP	-5.88 ± 0.31 ^{ab, B}	-3.16 ± 1.21 ^A	-8.62 ± 2.46 ^{b, B}
CN-3M-SL	-14.42 ± 5.47 ^{b, A}	-12.92 ± 6.03 ^A	-22.84 ± 4.23 ^{c, B}
CN-FGM-DP	-7.06 ± 5.36 ^{ab, A}	-8.52 ± 2.33 ^A	-30.86 ± 4.94 ^{c, B}
EVE-DP	-3.32 ± 1.45 ^{a, AB}	-1.80 ± 2.53 ^A	-4.90 ± 2.55 ^{a, B}
UD-JCP	-3.68 ± 0.87 ^{a, A}	-3.30 ± 0.69 ^A	-9.12 ± 1.77 ^{b, B}
3M-SL	-11.94 ± 3.37 ^{b, A}	-11.56 ± 10.39 ^A	-29.70 ± 12.41 ^{c, B}
FGM-DP	-12.84 ± 4.63 ^{b, A}	-5.84 ± 15.34 ^A	-26.68 ± 5.06 ^{c, B}
CTRL	0.99 ± 0.21 ^a	1.06 ± 0.41	1.91 ± 1.15 ^a

Los valores promedio seguidos de letras minúsculas diferentes en las columnas y letras mayúsculas en las filas, expresan diferencias estadísticamente significantes a $p < 0.05$ (prueba de Dunn). P1P: pérdida de peso después del pulido inicial; P2ac: pérdida de peso después del desafío ácido; P3PF: pérdida de peso después del pulido final.

Los valores medios y desviaciones estándar correspondientes a la pérdida de peso en cada etapa se presentan en la Tabla 4. En la comparación entre sistemas, los discos tratados con los sistemas CN-3M-SL, 3M-SL y FGM-DP presentaron las mayores pérdidas de peso después del pulido inicial (P1P) ($p < 0.05$). Posteriormente, tras el desafío con ácido clorhídrico, no se detectaron diferencias significativas en la pérdida de peso entre los distintos grupos ($p > 0.05$).

Finalmente, en la etapa del pulido final (P3PF), los sistemas que generaron mayor pérdida de peso en los discos fueron CN-3M-SL, CN-FGM-DP, 3M-SL y FGM-DP. En contraste, los sistemas más conservadores —CN-EVE-DP y EVE-DP— mostraron pérdidas de peso comparables al grupo control sin pulido (CTRL) ($p > 0.05$).

Tabla 8
Evaluación comparativa de los sistemas de pulido mecánico según la estabilidad de color, rugosidad superficial y pérdida de peso en resina compuesta nanohíbrida

Sistema de pulido	Estabilidad de color (ΔE)*	Rugosidad Ra (μm)*	Rugosidad Rz (μm)*	Pérdida de peso (mg)*
CN-EVE-DP	1.69 ± 0.38^a	0.56 ± 0.18^a	2.15 ± 0.90^{ab}	-5.34 ± 3.58^a
CN-UD-JCP	1.74 ± 0.81^a	0.47 ± 0.04^a	1.66 ± 0.14^b	-8.62 ± 2.46^b
CN-3M-SL	1.82 ± 0.38^a	0.26 ± 0.07^a	1.02 ± 0.46^{ab}	-22.84 ± 4.23^c
CN-FGM-DP	1.67 ± 0.40^a	0.36 ± 0.04^a	1.46 ± 0.26^{ab}	-30.86 ± 4.94^c
EVE-DP	1.94 ± 1.19^a	0.41 ± 0.13^a	1.70 ± 0.38^{ab}	-4.90 ± 2.55^a
UD-JCP	1.94 ± 0.71^a	0.45 ± 0.09^a	2.17 ± 0.77^{ab}	-9.12 ± 1.77^b
3M-SL	2.06 ± 0.52^a	0.31 ± 0.03^a	1.31 ± 0.11^a	-29.70 ± 12.41^c
FGM-DP	1.76 ± 0.46^a	0.38 ± 0.06^a	1.47 ± 0.28^{ab}	-26.68 ± 5.06^c
CTRL	1.91 ± 1.15^a	2.77 ± 0.71^b	15.27 ± 3.14^c	1.91 ± 1.15^d

*Valores finales después del pulido final (ΔE_{pf} , Ra_{PF} , Rz_{PF} , $P3PF$)

Los valores medios y desviaciones estándar correspondientes a las variables evaluadas se presentan en las tablas respectivas. El análisis estadístico mediante la prueba de Kruskal-Wallis reveló diferencias significativas entre los sistemas de pulido evaluados para las variables de rugosidad superficial y pérdida de peso, mientras que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la estabilidad cromática entre los distintos tratamientos ($p > 0.05$). Todos los sistemas de pulido mantuvieron valores de cambio cromático dentro del rango clínicamente aceptable ($\Delta E < 3.3$), con valores que oscilaron entre 1.67 ± 0.40 (CN-FGM-DP) y 2.06 ± 0.52 (3M-SL). El grupo control presentó un cambio cromático de 1.91 ± 1.15 , también dentro de los límites clínicos, sin diferir significativamente de los sistemas evaluados.

En relación con la rugosidad superficial, los valores de rugosidad Ra oscilaron entre $0.26 \pm 0.07 \mu m$ (CN-3M-SL) y $0.56 \pm 0.18 \mu m$ (CN-EVE-DP), sin diferencias significativas entre los sistemas de pulido ($p > 0.05$), y se clasificaron como "buenos" o "aceptables" según los criterios clínicos establecidos ($0.2-1.0 \mu m$). El grupo control presentó una rugosidad significativamente mayor ($2.77 \pm 0.71 \mu m$, $p < 0.05$), clasificada como "deficiente" ($> 1.0 \mu m$). Un patrón similar se observó en los valores de rugosidad Rz, donde los sistemas de pulido mostraron superficies consideradas "excelentes" a "buenas" ($0.86-2.17 \mu m$), sin diferencias significativas entre ellos ($p > 0.05$). El menor valor fue registrado por CN-3M-

SL ($1.02 \pm 0.46 \mu\text{m}$), mientras que el grupo control presentó valores significativamente superiores ($15.27 \pm 3.14 \mu\text{m}$, $p < 0.05$), clasificados como "deficientes" ($> 4.0 \mu\text{m}$).

Respecto a la pérdida de peso, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas ($p < 0.05$), conformándose cuatro grupos según su nivel de abrasividad. Los sistemas CN-EVE-DP ($-5.34 \pm 3.58 \text{ mg}$) y EVE-DP ($-4.90 \pm 2.55 \text{ mg}$) presentaron las menores pérdidas, clasificándose como de abrasividad baja. CN-UD-JCP ($-8.62 \pm 2.46 \text{ mg}$) y UD-JCP ($-9.12 \pm 1.77 \text{ mg}$) mostraron una pérdida intermedia, diferenciándose significativamente de los grupos de mayor y menor abrasividad. En cambio, los sistemas CN-3M-SL ($-22.84 \pm 4.23 \text{ mg}$), CN-FGM-DP ($-30.86 \pm 4.94 \text{ mg}$), 3M-SL ($-29.70 \pm 12.41 \text{ mg}$) y FGM-DP ($-26.68 \pm 5.06 \text{ mg}$) registraron las mayores pérdidas, clasificándose como de abrasividad extrema ($> -20 \text{ mg}$), lo que evidencia un desgaste considerable del material restaurador. El grupo control mostró un comportamiento atípico con ganancia de peso ($1.91 \pm 1.15 \text{ mg}$), estadísticamente diferente a todos los demás grupos.

La evaluación integral de los resultados permite concluir que los sistemas CN-EVE-DP y EVE-DP ofrecieron el mejor equilibrio entre eficacia de pulido y conservación del material, logrando superficies lisas con mínima pérdida de sustancia. Por el contrario, aunque los sistemas basados en 3M-SL y FGM-DP generaron superficies muy lisas, su elevada abrasividad podría limitar su uso clínico en contextos donde se priorice la preservación del material restaurador.

2. Discusión

En el presente estudio se observaron diferencias significativas en la estabilidad de color y la rugosidad superficial entre los distintos sistemas de pulido evaluados. Si bien todos los sistemas se mantuvieron dentro del umbral clínicamente aceptable para el cambio de color, algunos (como CN-FGM-DP, EVE-DP, UD-JCP, 3M-SL y FGM-DP) mostraron mayores alteraciones cromáticas, particularmente tras el pulido final. Asimismo, se evidenció que el tipo de sistema tuvo mayor influencia que la etapa de evaluación, y que solo el grupo control no redujo la rugosidad inicial, lo que confirma la efectividad de los sistemas aplicados. Sin embargo, algunos materiales como 3M-SL, UD-JCP y CN-UD-JCP demostraron inestabilidad a lo largo del tiempo, ya sea por incremento en la rugosidad, baja resistencia al desafío ácido o mayor pérdida de material. Por otro lado, sistemas como EVE-DP y CN-EVE-DP resultaron ser más conservadores, mostrando un comportamiento similar al grupo control en cuanto a pérdida de sustancia. Estos hallazgos se desarrollarán en detalle a continuación.

A pesar de las diferencias observadas en los valores de cambio de color, todos los sistemas evaluados se mantuvieron por debajo del umbral clínicamente aceptable (< 3.3), lo que indica que las alteraciones cromáticas producidas no serían percibidas como inaceptables por el ojo humano. Esto sugiere que, desde el punto de vista estético, cualquiera de los protocolos de pulido analizados podría considerarse clínicamente viable. Además, la rugosidad superficial es un factor crítico que influye en el rendimiento estético y funcional de las resinas dentales; sistemas como Sof-Lex y pastas diamantadas han demostrado reducirla eficazmente, mejorando la estabilidad del color(6).

Los sistemas CN-FGM-DP, EVE-DP, UD-JCP, 3M-SL y FGM-DP generaron los mayores cambios de color, particularmente después del pulido final. Este hallazgo sugiere que dichos sistemas podrían inducir una mayor alteración en la apariencia estética del material restaurador, posiblemente debido a una mayor abrasividad o a una interacción más agresiva con la superficie del composite. La intensificación del cambio cromático tras el pulido final resalta la necesidad de considerar cuidadosamente la selección del sistema de pulido, buscando un equilibrio entre la eficacia del acabado y la conservación del color. Estos resultados coinciden con investigaciones previas que han demostrado que los diferentes sistemas de pulido afectan significativamente tanto la rugosidad superficial como la estabilidad del color(10).

Todos los sistemas, con excepción del grupo control (CTRL), lograron una reducción significativa de la rugosidad inicial. Este resultado confirma la efectividad general de los sistemas de pulido para mejorar la textura superficial del composite. Al comparar varios sistemas de pulido con un grupo control, se demostró que todos los sistemas evaluados mejoraron notablemente la textura superficial en comparación con el grupo no pulido(56,57). La comparación con el grupo CTRL, que no recibió intervención, permite establecer una referencia clara del estado original del material, reforzando así la utilidad clínica del pulido inicial como procedimiento fundamental para optimizar la superficie restauradora.

UD-JCP y 3M-SL mostraron aumentos en la rugosidad intermedia y final, lo que sugiere una menor estabilidad ante el retratamiento. Esto podría indicar que estos sistemas generan una mayor degradación superficial con el tiempo o tras múltiples intervenciones clínicas. Esta menor durabilidad en sus efectos podría comprometer tanto la estética —al incrementar la rugosidad y la alteración de la superficie— como la salud del tejido circundante a largo plazo, al fomentar una mayor acumulación de placa o irritación en las zonas afectadas(58).

EVE-DP y CN-EVE-DP mostraron los valores más altos tras el desafío ácido, lo que sugiere una menor resistencia química frente a las condiciones bucales ácidas, como las provocadas por la dieta o la erosión. Aunque estos sistemas podrían ofrecer un desempeño adecuado en situaciones normales, su comportamiento en ambientes ácidos indica que su durabilidad podría verse comprometida en pacientes con riesgo de exposición frecuente a estos factores(59). Por lo tanto, su uso en estos casos debe ser considerado con cautela, priorizando alternativas con mejor resistencia química para garantizar un rendimiento a largo plazo(4,9).

Aunque todos los sistemas redujeron la rugosidad inicial (R_z) tras el pulido, 3M-SL y CN-UD-JCP se destacaron por su inestabilidad, mostrando un aumento de la rugosidad tras el pulido final. En particular, UD-JCP presentó la mayor rugosidad final (R_zPF), lo que sugiere que, aunque el pulido inicial fue efectivo, algunos sistemas pueden causar un daño acumulativo o generar irregularidades adicionales con el tiempo. Esto podría indicar que ciertos sistemas, como el UD-JCP, son más abrasivos o menos eficaces en mantener la superficie homogénea a largo plazo, lo que podría afectar tanto la estética de la restauración como aumentar el riesgo de acumulación de placa bacteriana, comprometiendo su funcionalidad y durabilidad(58).

3M-SL, CN-3M-SL, FGM-DP y CN-FGM-DP fueron los sistemas que provocaron la mayor pérdida de material, especialmente después del pulido final. Esto sugiere que podrían ser más agresivos en su acción, lo que podría ser útil para corregir imperfecciones profundas o problemas estéticos en restauraciones más deterioradas. Sin embargo, su uso repetido no sería recomendable en situaciones donde se desee conservar la estructura del material restaurador, ya que la pérdida excesiva de material podría comprometer la integridad del composite y acercar peligrosamente el tratamiento al sustrato dentario(60). Una posible explicación es que los sistemas de pulido de cuatro pasos, como el 3M-SL y sus versiones genéricas, podrían desgastar más el material debido a la mayor cantidad de etapas abrasivas, mientras que otros sistemas con solo dos o tres pasos tienden a ser menos invasivos, esto resalta la importancia de seleccionar un sistema de pulido adecuado, considerando no solo su capacidad para corregir defectos superficiales, sino también su impacto a largo plazo en la durabilidad de la restauración(53).

EVE-DP y CN-EVE-DP mostraron una pérdida de material comparable al grupo control, lo que indica que fueron más conservadores en su acción abrasiva. Esto sugiere que estos sistemas son menos agresivos y respetan más la integridad de la superficie original del material restaurador. Este comportamiento los convierte en opciones especialmente indicadas para casos donde la conservación del volumen restaurador sea una prioridad, como en retratamientos o restauraciones delgadas. Al no comprometer excesivamente el material, estos sistemas permiten mantener la estructura del composite sin poner en riesgo su durabilidad a largo plazo(8,53,60).

La rugosidad superficial representa uno de los parámetros más críticos en la evaluación de sistemas de pulido para resinas compuestas. Los valores obtenidos por los sistemas CN-3M-SL y 3M-SL ($R_a: 0.26 \pm 0.07 \mu\text{m}$ y $0.31 \pm 0.03 \mu\text{m}$) se encuentran significativamente por debajo del umbral de rugosidad crítica ($R_a = 0.2 \mu\text{m}$) establecido por (61), lo cual minimiza el riesgo de acumulación bacteriana. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de (62), quienes demostraron que los sistemas de pulido con discos flexibles de óxido de aluminio generan superficies más lisas en comparación con otros métodos. Sin embargo, es importante considerar que, como señalan(63), la efectividad del pulido depende no solo del sistema utilizado sino también de las características intrínsecas del material restaurador, como el tamaño y distribución de partículas de relleno.

Respecto a la estabilidad cromática, todos los sistemas evaluados mostraron un desempeño satisfactorio con $\Delta E < 3.3$, límite establecido como clínicamente perceptible según (29).

Los sistemas CN-EVE-DP y CN-FGM-DP presentaron los valores más bajos (ΔE : 1.69 ± 0.38 y 1.67 ± 0.40), resultados que se alinean con los de (64), quienes reportaron que superficies mejor pulidas exhiben mayor resistencia a la tinción debido a la reducción de microporos superficiales. Curiosamente, el grupo control mostró un cambio cromático aceptable (ΔE : 1.91 ± 1.15), lo que podría explicarse por el fenómeno de "auto-pulido" descrito por (2), donde la exposición inicial a medios ácidos puede generar un alisado superficial por erosión selectiva.

La pérdida de peso como indicador de abrasividad reveló diferencias significativas entre los sistemas evaluados. Los valores extremadamente altos en los sistemas CN-3M-SL, CN-FGM-DP, 3M-SL y FGM-DP (superiores a -22 mg) podrían comprometer la longevidad de las restauraciones, como sugiere el trabajo de (65), quienes demostraron una correlación directa entre abrasividad excesiva y deterioro prematuro de las propiedades mecánicas de resinas compuestas. Esta observación es particularmente relevante considerando que estos mismos sistemas mostraron excelentes resultados en términos de rugosidad, evidenciando un compromiso entre eficacia de pulido y preservación de material que debe ser cuidadosamente considerado por los clínicos.

El análisis integral de los resultados posiciona a los sistemas CN-EVE-DP y EVE-DP como las opciones más equilibradas para el pulido de resinas compuestas nanohíbridas expuestas a desafíos ácidos. Estos sistemas logran un balance óptimo entre lisura superficial, estabilidad cromática y conservación de material. Este hallazgo coincide con las recomendaciones de (66), quienes enfatizan la importancia de considerar múltiples parámetros al seleccionar sistemas de pulido. Adicionalmente, como señalan (51), el protocolo de pulido ideal debería adaptarse según las propiedades específicas de cada material restaurador y las condiciones clínicas particulares, lo que sugiere la necesidad de estudios personalizados para diferentes categorías de materiales resinosos.

Una de las principales limitaciones de este estudio fue su diseño in vitro, que, si bien permite un control riguroso de las variables, no replica completamente las condiciones dinámicas del medio bucal, como la acción masticatoria, la variación de pH y temperatura, o la interacción con el biofilm oral. Además, el uso de una única resina compuesta limita la generalización de los resultados a otros materiales restauradores con distinta composición o comportamiento clínico. Otra posible limitación es el tamaño de muestra por grupo, que, aunque adecuado para el análisis estadístico aplicado, podría incrementarse en estudios futuros para aumentar la potencia estadística.

No obstante, el estudio presenta fortalezas relevantes, como la inclusión de múltiples sistemas comerciales y versiones genéricas, la estandarización de los procedimientos de preparación, pulido y medición, así como la aplicación de pruebas estadísticas robustas. La evaluación de diferentes variables como color, rugosidad y pérdida de material en distintas etapas clínicas aporta una visión integral del desempeño de cada sistema.

Se recomienda que futuras investigaciones incluyan simulaciones de envejecimiento acelerado, estudios clínicos longitudinales y la evaluación de otros parámetros como brillo superficial, resistencia al manchado o adhesión bacteriana. También sería relevante comparar estos resultados con nuevas tecnologías de pulido o con resinas de distinta matriz orgánica.

Finalmente, este estudio aporta evidencia útil para la toma de decisiones clínicas, destacando la importancia de elegir un sistema de pulido no solo por su eficacia inmediata, sino por su estabilidad a largo plazo, su capacidad para conservar la estructura restauradora y su compatibilidad con las exigencias estéticas del entorno bucal.

3. Conclusiones

Los sistemas de pulido CN-EVE-DP y EVE-DP demostraron ser los más eficaces para preservar las propiedades estéticas y funcionales de la resina compuesta nanohíbrida bajo condiciones simuladas de exposición ácida, al proporcionar un equilibrio óptimo entre rugosidad superficial aceptable (R_a : $0.56 \pm 0.18 \mu\text{m}$ y $0.41 \pm 0.13 \mu\text{m}$ respectivamente), estabilidad cromática clínicamente aceptable (ΔE : 1.69 ± 0.38 y 1.94 ± 1.19 respectivamente) y baja pérdida de material ($-5.34 \pm 3.58 \text{ mg}$ y $-4.90 \pm 2.55 \text{ mg}$ respectivamente), permitiendo mantener la integridad de las restauraciones incluso después del desafío ácido.

Todas las técnicas de pulido mecánico evaluadas redujeron significativamente la rugosidad superficial de la resina compuesta nanohíbrida en comparación con el grupo control sin pulido ($p < 0.05$), y mantuvieron esta mejora incluso después de la exposición al ácido clorhídrico. Los sistemas CN-3M-SL y 3M-SL proporcionaron los valores más bajos de rugosidad (R_a : $0.26 \pm 0.07 \mu\text{m}$ y $0.31 \pm 0.03 \mu\text{m}$; R_z : $0.86 \pm 0.28 \mu\text{m}$ y $1.47 \pm 0.22 \mu\text{m}$, respectivamente), clasificados como "buenos" a "excelentes", mientras que el grupo control presentó valores "deficientes" (R_a : $2.77 \pm 0.71 \mu\text{m}$; R_z : $7.26 \pm 3.14 \mu\text{m}$)

Todos los sistemas de pulido evaluados, incluyendo el grupo control, mantuvieron la estabilidad de color dentro de los parámetros clínicamente aceptables ($\Delta E < 3.3$) después de la exposición ácida. Los sistemas CN-EVE-DP (ΔE : 1.69 ± 0.38) y CN-FGM-DP (ΔE : 1.67 ± 0.40) presentaron las menores variaciones cromáticas, lo que confirma que las técnicas de pulido analizadas son eficaces para preservar la estética de las restauraciones de resina compuesta nanohíbrida aún bajo desafío ácido.

Se observaron diferencias significativas en la pérdida de peso entre los sistemas de pulido, donde CN-EVE-DP y EVE-DP mostraron una pérdida de peso "baja" ($-5.34 \pm 3.58 \text{ mg}$, $-4.90 \pm 2.55 \text{ mg}$), comparable al grupo control. En contraste, los sistemas CN-3M-SL, CN-FGM-DP, 3M-SL y FGM-DP exhibieron una pérdida "extrema" ($> -20 \text{ mg}$), lo que sugiere que, a pesar de proporcionar excelentes valores de rugosidad, estos últimos sistemas presentan una alta abrasividad que podría comprometer la integridad estructural de las restauraciones a largo plazo.

4. Recomendaciones

Comparación de la efectividad de los pulidos paso a paso: Se recomienda llevar a cabo un estudio que compare la efectividad de los sistemas de pulido con diferentes números de pasos. El objetivo sería determinar si es necesario utilizar los cuatro pasos ofrecidos por algunos sistemas de pulido, o si dos o tres pasos son suficientes para lograr una calidad similar en la rugosidad superficial, estabilidad cromática y durabilidad del acabado. Este enfoque podría optimizar los tiempos y costos del tratamiento sin comprometer la calidad de las restauraciones.

Evaluación de la resistencia a la acumulación de placa bacteriana: Un futuro estudio podría evaluar cómo las diferentes técnicas de pulido afectan la acumulación de placa bacteriana en las superficies pulidas de las resinas compuestas. Esto permitiría determinar qué sistemas de pulido no solo ofrecen un acabado estéticamente agradable, sino que también mejoran la higiene bucal y previenen problemas como las caries o enfermedades periodontales a largo plazo.

Análisis de la durabilidad a largo plazo en condiciones dinámicas: Sería útil realizar investigaciones que simulen condiciones bucales más realistas, como la acción masticatoria, los cambios de temperatura y el pH. Este estudio permitiría evaluar cómo las diferentes técnicas de pulido afectan la durabilidad de las restauraciones a lo largo del tiempo, considerando factores como el desgaste, la estabilidad cromática y la rugosidad en un entorno más dinámico que el utilizado en los estudios in vitro actuales.

Comparación de diferentes resinas compuestas: Para ampliar los resultados obtenidos en este estudio, se recomienda realizar un análisis comparativo entre diferentes tipos de resinas compuestas, tanto nanohíbridas como microhíbridas o de otro tipo, para determinar si los resultados observados con la resina 3M Filtek Z350 son consistentes en otros materiales restauradores. Esto ayudaría a establecer pautas más generales sobre la elección del sistema de pulido para diversas aplicaciones clínicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *Journal of the American Dental Association*. 2003;134(10):1382–90.
2. Kaizer MR, De Oliveira-Ogliari A, Cenci MS, Opdam NJM, Moraes RR. Do nanofill or submicron composites show improved smoothness and gloss? A systematic review of in vitro studies. *Dental Materials* [Internet]. 2014 [citado el 29 de abril de 2025];30(4). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24529799/>
3. Antonson SA, Yazici AR, Kilinc E, Antonson DE, Hardigan PC. Comparison of different finishing/polishing systems on surface roughness and gloss of resin composites. *J Dent* [Internet]. septiembre de 2011 [citado el 29 de abril de 2025];39(SUPPL. 1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21256180/>
4. De Matos JRV, Antunes LB, Catanoze IA, De Souza IS, Dos Santos PH, Guiotti AM. Analysis of Physical and Mechanical Properties of Universal Composites under Different Types of Polishing before and after Acid Challenge. *Int J Dent* [Internet]. el 1 de enero de 2024 [citado el 29 de abril de 2025];2024(1):6817593. Disponible en: </doi/pdf/10.1155/2024/6817593>
5. Ergücü Z, Türkün LS. Surface roughness of novel resin composites polished with one-step systems. *Oper Dent* [Internet]. marzo de 2007 [citado el 29 de abril de 2025];32(2):185–92. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17427829/>
6. Srinivasan DrK. "Effect of the Polishing Procedures on Surface Roughness and Color Stability of Nanohybrid Composites". *Saudi Journal of Oral and Dental Research* [Internet]. el 29 de febrero de 2020 [citado el 29 de abril de 2025];05(02):127–41. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/341498611_Effect_of_the_Polishing_Procedures_on_Surface_Roughness_and_Color_Stability_of_Nanohybrid_Composites
7. Schmitt VL, Puppim-Rontani RM, Naufel FS, Nahsan FPS, Alexandre Coelho Sinhoreti M, Baseggio W. Effect of the Polishing Procedures on Color Stability and Surface Roughness of Composite Resins. *ISRN Dent* [Internet]. el 11 de julio de 2011 [citado el 29 de abril de 2025];2011:1–6. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/51710756_Effect_of_the_Polishing_Procedures_on_Color_Stability_and_Surface_Roughness_of_Composite_Resins

8. Ishii R, Takamizawa T, Tsujimoto A, Suzuki S, Imai A, Barkmeier WW, et al. Effects of Finishing and Polishing Methods on the Surface Roughness and Surface Free Energy of Bulk-fill Resin Composites. *Oper Dent* [Internet]. el 1 de marzo de 2020 [citado el 29 de abril de 2025];45(2):E91–104. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.2341/18-246-L>
9. Mullan F, Austin RS, Parkinson CR, Hasan A, Bartlett DW. Measurement of surface roughness changes of unpolished and polished enamel following erosion. *PLoS One* [Internet]. el 3 de agosto de 2017 [citado el 29 de abril de 2025];12(8):e0182406. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0182406>
10. Da Costa J, Ferracane J, Paravina RD, Mazur RF, Roeder L. The effect of different polishing systems on surface roughness and gloss of various resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* [Internet]. agosto de 2007 [citado el 29 de abril de 2025];19(4):214–24. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17635330/>
11. Rojas Ramos ME. Variación cromática de resinas nanohíbridas con y sin pulido, expuestas a bebidas naturales. Estudio in vitro. Repositorio Institucional - UPT [Internet]. el 30 de mayo de 2023 [citado el 29 de abril de 2025]; Disponible en: <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2871>
12. Alexandra Patricia AG. Evaluación de la textura superficial de resinas compuestas de dos diferentes marcas comerciales. el 17 de diciembre de 2020 [citado el 29 de abril de 2025]; Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7203>
13. Roncal Caisahuana LK, Solis Neira RE. Comparación de la estabilidad de color de tres resinas compuestas sumergidas en una sustancia pigmentante. 2021;
14. Bidó Alcántara K, Bentz Martínez Y. Análisis de la rugosidad superficial de tres resinas acrílicas utilizando un sistema de pulido: estudio in vitro. 2021 [citado el 29 de abril de 2025]; Disponible en: <https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/3961>
15. Aguillon Sol L. Rugosidad de superficies de resinas acrílicas autopolimerizables y termopolimerizables con tres diferentes procedimientos de pulido. 2018;
16. Rentería Velasco AY. Comparación de la rugosidad superficial de la resina compuesta Filtek Z350 aplicando los sistemas de pulido soflect y politip. 2019;
17. Bedón Rojas MA. Rugosidad superficial de resinas con nanopartículas sometida a tres sistemas de pulido.

18. Barutçigil Ç, Yildiz M. Color stability of different resin composites in various staining solutions. *Niger J Clin Pract.* 2022;25(1):46–51.
19. Ferracane JL. Resin composite–state of the art. *Dental Materials.* 2011;27(1):29–38.
20. Ardu S, Duc O, Di Bella E, Krejci I. Color stability of recent composite resins. *Odontology.* 2017;105(1):29–35.
21. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dental Materials.* 2006;22(3):211–22.
22. Özdaş DÖ, Kazak M, Çilingir A, Subaşı MG, Tiryaki M, Günal Ş. Color stability of composites after short-term oral simulation: an in vitro study. *Open Dent J.* 2016;10:431–7.
23. Alkhadim YK, Hulme C, Johnson A. Color stability of nano-filled, micro-hybrid, and silorane-based dental composite resin materials. *Eur J Oral Sci.* 2020;128(3):257–63.
24. Poggio C, Viola M, Mirando M, Chiesa M, Beltrami R, Colombo M. Microhardness of different esthetic restorative materials: Evaluation and comparison after exposure to acidic drink. *Dent Res J (Isfahan).* 2018;15(3):166–72.
25. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent.* 2010;38:e2–e16.
26. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *Journal of Prosthetic Dentistry.* 2009;101(3):193–9.
27. Igiel C, Weyhrauch M, Wentaschek S, Scheller H, Lehmann KM. Dental color matching: A comparison between visual and instrumental methods. *Dent Mater J.* 2018;37(1):41–6.
28. Lehmann KM, Igiel C, Schmidtman I, Scheller H. Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *J Dent.* 2012;40:e35–e40.
29. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, et al. Color difference thresholds in dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* 2019;31(2):103–15.
30. Prakki A, Cilli R, Mondelli RF, Kalachandra S, Pereira JC. Influence of pH environment on polymer based dental material properties. *J Dent.* 2005;33(2):91–8.

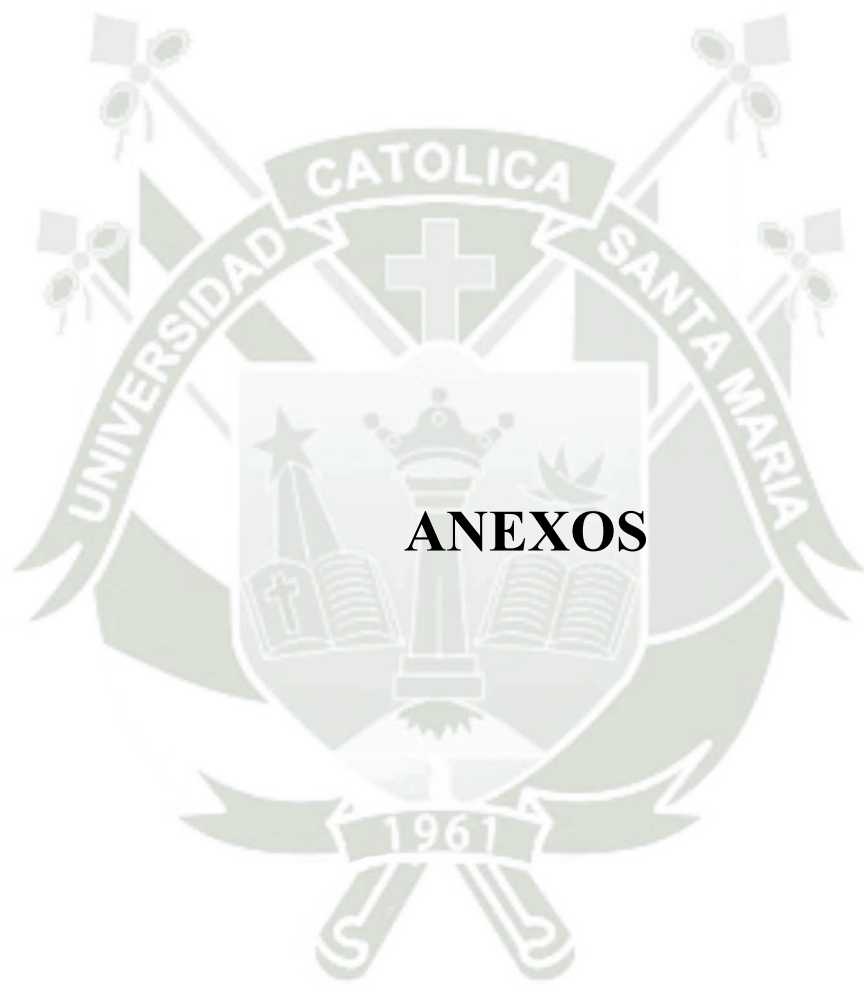
31. Münchow EA, Ferreira AC, Machado RM, Ramos TS, Rodrigues-Junior SA, Zanchi CH. Effect of acidic solutions on the surface degradation of a micro-hybrid composite resin. *Braz Dent J.* 2014;25(4):321–6.
32. Erdemir U, others. Effects of polishing systems on the surface roughness of tooth-colored materials. *J Dent Sci.* 2013;8(2):160–9.
33. Catelan A, Briso AL, Santos PH, Sundfeld RH, Dos Santos PH. Effect of artificial aging on the roughness and microhardness of sealed composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* 2013;25(3):199–207.
34. Yap AU, others. Effects of finishing/polishing time on surface characteristics of tooth-coloured restoratives. *J Oral Rehabil.* 1997;24(11):823–8.
35. Heintze SD, Forjanic M, Rousson V. Surface roughness and gloss of dental materials as a function of force and polishing time in vitro. *Dental Materials.* 2006;22(2):146–65.
36. Jefferies SR. Abrasive finishing and polishing in restorative dentistry: A state-of-the-art review. *Dent Clin North Am.* 2007;51(2):379–97.
37. Daud A, Gray G, Lynch CD, Wilson NH, Blum IR. A randomised controlled study on the use of finishing and polishing systems on different resin composites using 3D contact optical profilometry and scanning electron microscopy. *J Dent.* 2018;71:25–30.
38. Jung M, Eichelberger K, Klimek J. Surface geometry of four nanofiller and one hybrid composite after one-step and multiple-step polishing. *Oper Dent.* 2007;32(4):347–55.
39. Moraes RR, Gonçalves LS, Lancellotti AC, Consani S, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA. Nanohybrid resin composites: nanofiller loaded materials or traditional microhybrid resins? *Oper Dent.* 2009;34(5):551–7.
40. Janus J, Fauxpoint G, Arntz Y, Pelletier H, Etienne O. Surface roughness and morphology of three nanocomposites after two different polishing treatments by a multitechnique approach. *Dental Materials.* 2010;26(5):416–25.
41. Ilie N, Hickel R. Investigations on mechanical behaviour of dental composites. *Clin Oral Investig.* 2009;13(4):427–38.
42. Aydın N, Topçu FT, Karaoğlanoğlu S, Oktay EA, Erdemir U. Effect of finishing and polishing systems on the surface roughness and color change of composite resins. *J Clin*

- Exp Dent [Internet]. el 1 de mayo de 2021 [citado el 25 de abril de 2025];13(5):446–54.
Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33981391/>
43. Kakaboura A, Fragouli M, Rahiotis C, Silikas N. Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *J Mater Sci Mater Med*. 2007;18(1):155–63.
 44. GmbH EVEEV. Diacomp Plus Twist – EVE Ernst Vetter. 2025.
 45. Ultradent Products Inc. Jiffy Composite Adjusting and Polishing Kit – Ultradent. 2025.
 46. 3M Dental. Sof-Lex XT Contouring & Polishing Discs – 3M Dental. 2025.
 47. Group FGMD. Diamond Pro – FGM Dental Group. 2025.
 48. AliExpress. Diamond Polishing Tools - 1005005612585684. 2025.
 49. AliExpress. Dental Abrasive Polishing Set - 1005006108189052. 2025.
 50. AliExpress. Dental Polishing Discs - 1005007592771712. 2025.
 51. Gönülol N, Yilmaz F. The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposites. *J Dent*. 40(Suppl 2):e64–e70.
 52. St-Pierre L, others. Comparison of polishing systems on dental resin composites after different finishing techniques: A systematic review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2019;31(5):455–64.
 53. Pires J, Júnior S, Del AA, Cury B, De Faria¹ V, Pires Da J, et al. Effect of lubricated polishing and repolishing on gloss, roughness and material loss of nanoparticle resin composite. *Braz J Oral Sci* [Internet]. el 30 de octubre de 2024 [citado el 29 de abril de 2025];23:e246204–e246204. Disponible en: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/bjos/article/view/8676204>
 54. Rosado\ Linares\ M\ L. Cómo formular el proyecto de tesis en el enfoque cuantitativo. Arequipa: Universidad Católica de Santa María; 2020.
 55. Rosado\ Linares\ M\ L. Diseño de proyectos de investigación en ciencias de la salud. Arequipa, Perú: Autor; 2010.
 56. Aytac F, Karaarslan ES, Agaccioglu M, Tastan E, Buldur M, Kuyucu E. Effects of Novel Finishing and Polishing Systems on Surface Roughness and Morphology of Nanocomposites. *J Esthet Restor Dent* [Internet]. el 1 de julio de 2016 [citado el 29 de

- abril de 2025];28(4):247–61. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27121923/>
57. Soliman HAN, Elkholy NR, Hamama HH, El-Sharkawy FM, Mahmoud SH, Comisi JC. Effect of Different Polishing Systems on the Surface Roughness and Gloss of Novel Nanohybrid Resin Composites. *Eur J Dent* [Internet]. el 1 de mayo de 2021 [citado el 29 de abril de 2025];15(2):259–65. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33111284/>
58. Pietrovovski Y, Zeituni D, Schwartz A, Beyth N. Comparison of Different Finishing and Polishing Systems on Surface Roughness and Bacterial Adhesion of Resin Composite. *Materials* 2022, Vol 15, Page 7415 [Internet]. el 22 de octubre de 2022 [citado el 29 de abril de 2025];15(21):7415. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1944/15/21/7415/htm>
59. Salivary, acidic and enzymatic degradation of resin composite subjected to different finishing and polishing systems - PubMed [Internet]. [citado el 29 de abril de 2025]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38704848/>
60. Do composite resin polishing systems damage enamel? - PubMed [Internet]. [citado el 29 de abril de 2025]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35993933/>
61. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dental Materials*. 1997;13(4):258–69.
62. Erdemir U, Yildiz E, Eren MM, Ozel S. Surface hardness evaluation of different composite resin materials: influence of sports and energy drinks immersion after a short-term period. *Journal of Applied Oral Science*. 2013;21(2):124–31.
63. Chour RG, Moda A, Arora A, Arafath MY, Shetty VK, Rishal Y. Comparative evaluation of effect of different polishing systems on surface roughness of composite resin: An in vitro study. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2016;6(2):130–4.
64. Barakah HM, Taher NM. Effect of polishing systems on stain susceptibility and surface roughness of nanocomposite resin material. *J Prosthet Dent*. 2014;112(3):625–31.
65. Rodrigues-Junior SA, Pin LF, Machado G, Della Bona A, Demarco FF. Influence of different finishing and polishing techniques on the surface roughness of resin composites: A systematic review. *J Dent*. 2015;43(4):379–88.

66. Mourouzis P, Koulaouzidou EA, Helvatjoglu-Antoniades M. Effect of in-office bleaching agents on physical properties of dental composite resins. *Quintessence Int.* 2013;44(4):295–302.





Anexo 1 Matrices de los resultados

Tabla 9
Cambio de color en cada sistema de pulido agrupado por etapas

	ΔEP								
	CN-EVE-DP	CN-UD-JCP	CN-3M-SL	CN-FGM-DP	EVE-DP	UD-JCP	3M-SL	FGM-DP	CTRL
1	1.679	0.831	0.583	0.574	0.954	1.338	0.245	0.361	0.860
2	0.735	0.927	1.342	1.500	1.414	1.556	1.082	0.700	0.812
3	1.594	1.304	1.020	0.640	2.700	1.442	0.608	1.628	0.927
4	1.565	1.187	1.304	0.300	0.927	3.356	1.082	0.500	1.005
5	1.792	3.060	1.140	1.334	1.122	1.517	0.812	1.005	1.345
MEDIA	1.47	1.46	1.08	0.87	1.42	1.84	0.77	0.84	0.99
DE	0.42	0.91	0.31	0.52	0.74	0.85	0.35	0.50	0.21
MIN	0.73	0.83	0.58	0.30	0.93	1.34	0.24	0.36	0.81
MAX	1.79	3.06	1.34	1.50	2.70	3.36	1.08	1.63	1.35
	ΔEac								
	CN-EVE-DP	CN-UD-JCP	CN-3M-SL	CN-FGM-DP	EVE-DP	UD-JCP	3M-SL	FGM-DP	CTRL
1	1.591	0.927	1.077	0.900	0.361	1.679	1.095	0.860	1.720
2	0.700	1.183	0.768	1.025	0.781	0.877	1.233	1.425	0.748
3	2.272	1.470	1.105	0.860	3.330	1.049	0.837	1.500	0.927
4	1.068	0.877	1.319	0.806	1.158	2.337	1.158	0.447	0.748
5	1.552	3.040	1.658	1.158	1.393	1.281	1.425	0.735	1.179
MEDIA	1.44	1.50	1.19	0.95	1.40	1.44	1.15	0.99	1.06
DE	0.59	0.89	0.33	0.14	1.15	0.58	0.21	0.45	0.41
MIN	0.70	0.88	0.77	0.81	0.36	0.88	0.84	0.45	0.75
MAX	2.27	3.04	1.66	1.16	3.33	2.34	1.42	1.50	1.72
	ΔEPF								
	CN-EVE-DP	CN-UD-JCP	CN-3M-SL	CN-FGM-DP	EVE-DP	UD-JCP	3M-SL	FGM-DP	CTRL
1	2.022	1.349	2.417	1.688	0.812	1.903	2.961	1.723	3.860
2	1.281	1.077	1.603	2.186	1.476	1.175	1.758	2.274	0.911
3	2.064	1.594	1.407	1.077	3.947	1.631	1.746	2.184	1.273
4	1.300	1.517	1.905	1.640	1.517	3.090	1.794	1.308	1.749
5	1.797	3.150	1.775	1.772	1.947	1.926	2.064	1.319	1.772
MEDIA	1.69	1.74	1.82	1.67	1.94	1.94	2.06	1.76	1.91
DE	0.38	0.81	0.38	0.40	1.19	0.71	0.52	0.46	1.15
MIN	1.28	1.08	1.41	1.08	0.81	1.17	1.75	1.31	0.91
MAX	2.06	3.15	2.42	2.19	3.95	3.09	2.96	2.27	3.86

Tabla 10
Cambio de color en cada etapa agrupado por sistema de pulido

CN-EVE-DP	ΔEP	ΔEac	ΔEPF		CN-UD-JCP	ΔEP	ΔEac	ΔEPF
1	1.679	1.591	2.022		1	0.831	0.927	1.349
2	0.735	0.700	1.281		2	0.927	1.183	1.077
3	1.594	2.272	2.064		3	1.304	1.470	1.594
4	1.565	1.068	1.300		4	1.187	0.877	1.517
5	1.792	1.552	1.797		5	3.060	3.040	3.150
<i>MEDIA</i>	1.47	1.44	1.69		<i>MEDIA</i>	1.46	1.50	1.74
<i>DE</i>	0.42	0.59	0.38		<i>DE</i>	0.91	0.89	0.81
<i>MIN</i>	0.73	0.70	1.28		<i>MIN</i>	0.83	0.88	1.08
<i>MAX</i>	1.79	2.27	2.06		<i>MAX</i>	3.06	3.04	3.15
EVE-DP	ΔEP	ΔEac	ΔEPF		UD-JCP	ΔEP	ΔEac	ΔEPF
1	0.954	0.361	0.812		1	1.338	1.679	1.903
2	1.414	0.781	1.476		2	1.556	0.877	1.175
3	2.700	3.330	3.947		3	1.442	1.049	1.631
4	0.927	1.158	1.517		4	3.356	2.337	3.090
5	1.122	1.393	1.947		5	1.517	1.281	1.926
	ab	a	b			ab	a	b
<i>MEDIA</i>	1.42	1.40	1.94		<i>MEDIA</i>	1.84	1.44	1.94
<i>DE</i>	0.74	1.15	1.19		<i>DE</i>	0.85	0.58	0.71
<i>MIN</i>	0.93	0.36	0.81		<i>MIN</i>	1.34	0.88	1.17
<i>MAX</i>	2.70	3.33	3.95		<i>MAX</i>	3.36	2.34	3.09
CN-FGM-DP	ΔEP	ΔEac	ΔEPF					
1	0.574	0.900	1.688					
2	1.500	1.025	2.186					
3	0.640	0.860	1.077					
4	0.300	0.806	1.640					
5	1.334	1.158	1.772					
	a	a	b					
<i>MEDIA</i>	0.87	0.95	1.67					
<i>DE</i>	0.52	0.14	0.40					
<i>MIN</i>	0.30	0.81	1.08					
<i>MAX</i>	1.50	1.16	2.19					
FGM-DP	ΔEP	ΔEac	ΔEPF		CTRL	ΔEP	ΔEac	ΔEPF
1	0.361	0.860	1.723		1	0.860	1.720	3.860
2	0.700	1.425	2.274		2	0.812	0.748	0.911
3	1.628	1.500	2.184		3	0.927	0.927	1.273
4	0.500	0.447	1.308		4	1.005	0.748	1.749
5	1.005	0.735	1.319		5	1.345	1.179	1.772
	a	a	b					
<i>MEDIA</i>	0.84	0.99	1.76		<i>MEDIA</i>	0.99	1.06	1.91
<i>DE</i>	0.50	0.45	0.46		<i>DE</i>	0.21	0.41	1.15
<i>MIN</i>	0.36	0.45	1.31		<i>MIN</i>	0.81	0.75	0.91
<i>MAX</i>	1.63	1.50	2.27		<i>MAX</i>	1.35	1.72	3.86

Tabla 11
Rugosidad Z de cada sistema de pulido agrupado por etapas

Rz O									
	CN-EVE-D	N-UD-JC	CN-3M-SL	CN-FGM-D	EVE-DP	UD-JCP	3M-SL	FGM-DP	CTRL
1	12.075	7.557	5.885	11.560	10.635	6.616	7.853	15.840	15.065
2	13.861	10.600	13.286	11.636	8.485	9.889	5.145	13.307	16.815
3	8.671	11.726	19.482	8.936	19.431	11.332	13.238	11.168	10.908
4	9.928	7.008	11.153	9.686	19.946	7.835	10.487	19.613	9.135
5	16.597	6.994	14.550	7.962	17.560	6.640	10.980	7.280	15.207
<i>MEDIA</i>	12.23	8.78	12.87	9.96	15.21	8.46	9.54	13.44	13.43
<i>DE</i>	3.15	2.23	4.96	1.62	5.29	2.09	3.11	4.66	3.24
<i>MIN</i>	8.67	6.99	5.88	7.96	8.49	6.62	5.15	7.28	9.14
<i>MAX</i>	16.60	11.73	19.48	11.64	19.95	11.33	13.24	19.61	16.82
Rz pulido inicial									
	CN-EVE-D	CN-UD-JC	CN-3M-SL	CN-FGM-D	EVE-DP	UD-JCP	3M-SL	FGM-DP	CTRL
1	1.899	1.645	1.030	1.226	4.148	1.802	0.678	1.602	13.429
2	1.779	2.625	0.976	1.306	1.488	2.383	0.478	1.094	14.198
3	1.317	3.633	1.040	2.069	2.515	2.835	0.920	0.954	8.746
4	1.984	1.601	0.721	1.676	3.727	2.729	0.631	0.769	14.818
5	2.512	1.123	0.786	0.987	2.548	2.733	1.106	1.032	12.181
	b	ab	a	ab	ab	b	a	a	c
<i>MEDIA</i>	1.90	2.13	0.91	1.45	2.89	2.50	0.76	1.09	12.67
<i>DE</i>	0.43	1.00	0.15	0.42	1.06	0.42	0.25	0.31	2.41
<i>MIN</i>	1.32	1.12	0.72	0.99	1.49	1.80	0.48	0.77	8.75
<i>MAX</i>	2.51	3.63	1.04	2.07	4.15	2.84	1.11	1.60	14.82
Rz ácido									
	CN-EVE-D	CN-UD-JCP	CN-3M-SL	CN-FGM-D	EVE-DP	UD-JCP	3M-SL	FGM-DP	CTRL
1	1.984	1.457	1.151	1.848	1.279	1.471	1.074	1.752	15.182
2	1.732	3.293	0.862	0.957	1.835	1.416	1.345	2.258	14.132
3	3.566	2.174	1.080	2.500	2.630	2.483	0.967	0.944	13.557
4	2.431	2.017	0.820	1.052	3.887	3.299	1.234	1.164	10.991
5	3.873	1.520	0.715	1.242	4.110	2.305	1.016	0.926	18.670
	a	a	a	a	a	a	a	a	b
<i>MEDIA</i>	2.72	2.09	0.93	1.52	2.75	2.19	1.13	1.41	14.51
<i>DE</i>	0.95	0.74	0.18	0.65	1.24	0.78	0.16	0.58	2.79
<i>MIN</i>	1.73	1.46	0.72	0.96	1.28	1.42	0.97	0.93	10.99
<i>MAX</i>	3.87	3.29	1.15	2.50	4.11	3.30	1.34	2.26	18.67

Rz pulido incompleto									
	CN-EVE-D	N-UD-JC	CN-3M-SL	CN-FGM-DP	EVE-DP	UD-JCP	3M-SL	FGM-DP	CTRL
1	2.313	2.556	1.215	2.199	2.783	3.809	1.622	1.357	16.177
2	4.767	4.938	1.986	2.115	2.515	3.847	1.457	1.941	17.166
3	2.414	3.565	2.328	1.596	3.276	4.921	1.462	2.495	13.908
4	3.085	2.724	2.252	1.729	4.171	5.276	1.507	1.286	18.049
5	2.537	2.884	2.147	2.026	3.421	3.274	1.423	1.706	13.900
	abc	abc	ab	ab	bc	c	a	a	d
<i>MEDIA</i>	3.02	3.33	1.99	1.93	3.23	4.23	1.49	1.76	15.84
<i>DE</i>	1.02	0.98	0.45	0.26	0.64	0.84	0.08	0.49	1.89
<i>MIN</i>	2.31	2.56	1.22	1.60	2.51	3.27	1.42	1.29	13.90
<i>MAX</i>	4.77	4.94	2.33	2.20	4.17	5.28	1.62	2.49	18.05

Rz pulido final									
	CN-EVE-D	CN-UD-JC	CN-3M-SL	CN-FGM-DP	EVE-DP	UD-JCP	3M-SL	FGM-DP	CTRL
1	1.516	1.623	1.138	1.400	1.446	2.585	1.325	1.103	18.068
2	3.409	1.507	1.112	1.346	1.273	1.680	1.180	1.516	15.752
3	2.744	1.893	0.783	1.449	1.588	2.244	1.486	1.882	10.735
4	1.830	1.665	0.418	1.906	2.143	3.155	1.287	1.390	18.124
5	1.272	1.594	1.665	1.205	2.045	1.164	1.270	1.468	13.666
	ab	b	ab	ab	ab	ab	a	ab	c
<i>MEDIA</i>	2.15	1.66	1.02	1.46	1.70	2.17	1.31	1.47	15.27
<i>DE</i>	0.90	0.14	0.46	0.26	0.38	0.77	0.11	0.28	3.14
<i>MIN</i>	1.27	1.51	0.42	1.21	1.27	1.16	1.18	1.10	10.73
<i>MAX</i>	3.41	1.89	1.67	1.91	2.14	3.16	1.49	1.88	18.12

Tabla 12
Rugosidad Z en cada etapa agrupado por sistema de pulido

CN-EVE-DP	Rz 0	Rz Pini	Rz ac	Rz Pinc	Rz Pfin	CN-UD-JCf	Rz 0	Rz Pini	Rz ac	Rz Pinc	Rz Pfin
1	12.075	1.899	1.984	2.313	1.516	1	7.557	1.645	1.457	2.556	1.623
2	13.861	1.779	1.732	4.767	3.409	2	10.600	2.625	3.293	4.938	1.507
3	8.671	1.317	3.566	2.414	2.744	3	11.726	3.633	2.174	3.565	1.893
4	9.928	1.984	2.431	3.085	1.830	4	7.008	1.601	2.017	2.724	1.665
5	16.597	2.512	3.873	2.537	1.272	5	6.994	1.123	1.520	2.884	1.594
	b	a	a	a	a		c	ab	a	b	ab
MEDIA	12.23	1.90	2.72	3.02	2.15	MEDIA	8.78	2.13	2.09	3.33	1.66
DE	3.15	0.43	0.95	1.02	0.90	DE	2.23	1.00	0.74	0.98	0.14
MIN	8.67	1.32	1.73	2.31	1.27	MIN	6.99	1.12	1.46	2.56	1.51
MAX	16.60	2.51	3.87	4.77	3.41	MAX	11.73	3.63	3.29	4.94	1.89
EVE-DP	Rz 0	Rz Pini	Rz ac	Rz Pinc	Rz Pfin	UD-JCP	Rz 0	Rz Pini	Rz ac	Rz Pinc	Rz Pfin
1	10.635	4.148	1.279	2.783	1.446	1	6.616	1.802	1.471	3.809	2.585
2	8.485	1.488	1.835	2.515	1.273	2	9.889	2.383	1.416	3.847	1.680
3	19.431	2.515	2.630	3.276	1.588	3	11.332	2.835	2.483	4.921	2.244
4	19.946	3.727	3.887	4.171	2.143	4	7.835	2.729	3.299	5.276	3.155
5	17.560	2.548	4.110	3.421	2.045	5	6.640	2.733	2.305	3.274	1.164
	b	a	a	a	a		c	a	a	b	a
MEDIA	15.21	2.89	2.75	3.23	1.70	MEDIA	8.46	2.50	2.19	4.23	2.17
DE	5.29	1.06	1.24	0.64	0.38	DE	2.09	0.42	0.78	0.84	0.77
MIN	8.49	1.49	1.28	2.51	1.27	MIN	6.62	1.80	1.42	3.27	1.16
MAX	19.95	4.15	4.11	4.17	2.14	MAX	11.33	2.84	3.30	5.28	3.16
CN-3M-SL	Rz 0	Rz Pini	Rz ac	Rz Pinc	Rz Pfin	CN-FGM-DI	Rz 0	Rz Pini	Rz ac	Rz Pinc	Rz Pfin
1	5.885	1.030	1.151	1.215	1.138	1	11.560	1.226	1.848	2.199	1.400
2	13.286	0.976	0.862	1.986	1.112	2	11.636	1.306	0.957	2.115	1.346
3	19.482	1.040	1.080	2.328	0.783	3	8.936	2.069	2.500	1.596	1.449
4	11.153	0.721	0.820	2.252	0.418	4	9.686	1.676	1.052	1.729	1.906
5	14.550	0.786	0.715	2.147	1.665	5	7.962	0.987	1.242	2.026	1.205
	c	a	a	b	ab		b	a	a	a	a
MEDIA	12.87	0.91	0.93	1.99	1.02	MEDIA	9.96	1.45	1.52	1.93	1.46
DE	4.96	0.15	0.18	0.45	0.46	DE	1.62	0.42	0.65	0.26	0.26
MIN	5.88	0.72	0.72	1.22	0.42	MIN	7.96	0.99	0.96	1.60	1.21
MAX	19.48	1.04	1.15	2.33	1.67	MAX	11.64	2.07	2.50	2.20	1.91
3M-SL	Rz 0	Rz Pini	Rz ac	Rz Pinc	Rz Pfin	FGM-DP	Rz 0	Rz Pini	Rz ac	Rz Pinc	Rz Pfin
1	7.853	0.678	1.074	1.622	1.325	1	15.840	1.602	1.752	1.357	1.103
2	5.145	0.478	1.345	1.457	1.180	2	13.307	1.094	2.258	1.941	1.516
3	13.238	0.920	0.967	1.462	1.486	3	11.168	0.954	0.944	2.495	1.882
4	10.487	0.631	1.234	1.507	1.287	4	19.613	0.769	1.164	1.286	1.390
5	10.980	1.106	1.016	1.423	1.270	5	7.280	1.032	0.926	1.706	1.468
	d	a	ab	c	bc		b	a	a	a	a
MEDIA	9.54	0.76	1.13	1.49	1.31	MEDIA	13.44	1.09	1.41	1.76	1.47
DE	3.11	0.25	0.16	0.08	0.11	DE	4.66	0.31	0.58	0.49	0.28
MIN	5.15	0.48	0.97	1.42	1.18	MIN	7.28	0.77	0.93	1.29	1.10
MAX	13.24	1.11	1.34	1.62	1.49	MAX	19.61	1.60	2.26	2.49	1.88
CTRL	Rz 0	Rz Pini	Rz ac	Rz Pinc	Rz Pfin						
1	15.065	13.429	15.182	16.177	18.068						
2	16.815	14.198	14.132	17.166	15.752						
3	10.908	8.746	13.557	13.908	10.735						
4	9.135	14.818	10.991	18.049	18.124						
5	15.207	12.181	18.670	13.900	13.666						
MEDIA	13.43	12.67	14.51	15.84	15.27						
DE	3.24	2.41	2.79	1.89	3.14						
MIN	9.14	8.75	10.99	13.90	10.73						
MAX	16.82	14.82	18.67	18.05	18.12						

Tabla 13
Rugosidad A de cada sistema de pulido agrupado por etapas

	P1 pulido								
	CN-EVE-D	N-UD-JC	CN-3M-SL	N-FGM-D	EVE-DP	UD-JCP	3M-SL	FGM-DP	CTRL
1	-0.600	-5.600	-15.000	-13.500	-2.700	-4.100	-15.600	-9.800	0.000
2	-2.200	-6.300	-7.800	-6.600	-5.500	-3.900	-10.200	-19.700	3.500
3	-3.400	-6.100	-15.400	-8.800	-3.000	-3.500	-12.200	-15.600	2.000
4	-1.500	-5.600	-11.400	1.300	-3.800	15.700	-14.500	-9.800	1.500
5	-0.400	-5.800	-22.500	-7.700	-1.600	-4.600	-7.200	-9.300	0.200
	a	ab	b	ab	a	a	b	b	a
<i>MEDIA</i>	-1.62	-5.88	-14.42	-7.06	-3.32	-0.08	-11.94	-12.84	1.44
<i>DE</i>	1.23	0.31	5.47	5.36	1.45	8.83	3.37	4.63	1.43
<i>MIN</i>	-3.40	-6.30	-22.50	-13.50	-5.50	-4.60	-15.60	-19.70	0.00
<i>MAX</i>	-0.40	-5.60	-7.80	1.30	-1.60	15.70	-7.20	-9.30	3.50

	P2 ácido								
	CN-EVE-D	N-UD-JC	CN-3M-SL	N-FGM-D	EVE-DP	UD-JCP	3M-SL	FGM-DP	CTRL
1	-1.200	-4.400	-13.300	-12.000	-5.700	-3.700	-27.100	20.400	1.300
2	-0.900	-1.600	-5.600	-5.600	1.400	-3.400	0.900	-17.800	0.700
3	-2.100	-4.200	-15.400	-8.500	-1.500	-3.500	-11.600	-15.900	1.400
4	-0.500	-3.300	-9.000	-8.900	-1.400	15.900	-13.900	-8.000	1.100
5	-0.900	-2.300	-21.300	-7.600	-1.800	-3.800	-6.100	-7.900	1.800
<i>MEDIA</i>	-1.12	-3.16	-12.92	-8.52	-1.80	0.30	-11.56	-5.84	1.26
<i>DE</i>	0.60	1.21	6.03	2.33	2.53	8.72	10.39	15.34	0.40
<i>MIN</i>	-2.10	-4.40	-21.30	-12.00	-5.70	-3.80	-27.10	-17.80	0.70
<i>MAX</i>	-0.50	-1.60	-5.60	-5.60	1.40	15.90	0.90	20.40	1.80

Tabla 14
Rugosidad Z en cada etapa agrupado por sistema de pulido

CN-EVE-DP	P1p	P2ac	P3pf	CN-UD-JC	P1p	P2ac	P3pf
1	-0.600	-1.200	-3.700	1	-5.600	-4.400	-4.500
2	-2.200	-0.900	-3.300	2	-6.300	-1.600	-9.200
3	-3.400	-2.100	-6.200	3	-6.100	-4.200	-10.200
4	-1.500	-0.500	-2.300	4	-5.600	-3.300	-8.500
5	-0.400	-0.900	-11.200	5	-5.800	-2.300	-10.700
					b	a	b
MEDIA	-1.62	-1.12	-5.34	MEDIA	-5.88	-3.16	-8.62
DE	1.23	0.60	3.58	DE	0.31	1.21	2.46
MIN	-3.40	-2.10	-11.20	MIN	-6.30	-4.40	-10.70
MAX	-0.40	-0.50	-2.30	MAX	-5.60	-1.60	-4.50
EVE-DP	P1p	P2ac	P3pf	UD-JCP	P1p	P2ac	P3pf
1	-2.700	-5.700	-8.400	1	-4.100	-3.700	-10.400
2	-5.500	1.400	-1.200	2	-3.900	-3.400	-8.600
3	-3.000	-1.500	-5.000	3	-3.500	-3.500	-11.500
4	-3.800	-1.400	-5.100	4	15.700	15.900	10.500
5	-1.600	-1.800	-4.800	5	-4.600	-3.800	-7.600
	ab	a	b		a	a	b
MEDIA	-3.32	-1.80	-4.90	MEDIA	-0.08	0.30	-5.52
DE	1.45	2.53	2.55	DE	8.83	8.72	9.08
MIN	-5.50	-5.70	-8.40	MIN	-4.60	-3.80	-11.50
MAX	-1.60	1.40	-1.20	MAX	15.70	15.90	10.50
CN-3M-S	P1p	P2ac	P3pf	CN-FGM-D	P1p	P2ac	P3pf
1	-15.000	-13.300	-24.700	1	-13.500	-12.000	-38.600
2	-7.800	-5.600	-18.700	2	-6.600	-5.600	-31.600
3	-15.400	-15.400	-23.900	3	-8.800	-8.500	-25.300
4	-11.400	-9.000	-18.500	4	1.300	-8.900	-28.400
5	-22.500	-21.300	-28.400	5	-7.700	-7.600	-30.400
	a	a	b		a	a	b
MEDIA	-14.42	-12.92	-22.84	MEDIA	-7.06	-8.52	-30.86
DE	5.47	6.03	4.23	DE	5.36	2.33	4.94
MIN	-22.50	-21.30	-28.40	MIN	-13.50	-12.00	-38.60
MAX	-7.80	-5.60	-18.50	MAX	1.30	-5.60	-25.30
3M-SL	P1p	P2ac	P3pf	FGM-DP	P1p	P2ac	P3pf
1	-15.600	-27.100	-47.800	1	-9.800	20.400	-21.600
2	-10.200	0.900	-13.400	2	-19.700	-17.800	-32.500
3	-12.200	-11.600	-31.600	3	-15.600	-15.900	-31.700
4	-14.500	-13.900	-30.300	4	-9.800	-8.000	-24.500
5	-7.200	-6.100	-25.400	5	-9.300	-7.900	-23.100
	a	a	b		a	a	b
MEDIA	-11.94	-11.56	-29.70	MEDIA	-12.84	-5.84	-26.68
DE	3.37	10.39	12.41	DE	4.63	15.34	5.06
MIN	-15.60	-27.10	-47.80	MIN	-19.70	-17.80	-32.50
MAX	-7.20	0.90	-13.40	MAX	-9.30	20.40	-21.60
FGM-DP	P1p	P2ac	P3pf				
1	0.000	1.300	0.800				
2	3.500	0.700	0.200				
3	2.000	1.400	0.900				
4	1.500	1.100	0.700				
5	0.200	1.800	0.800				
MEDIA	1.44	1.26	0.68				
DE	1.43	0.40	0.28				
MIN	0.00	0.70	0.20				
MAX	3.50	1.80	0.90				

Anexo 2 Evidencia fotográfica

Figura 5
Fabricación de las Muestras

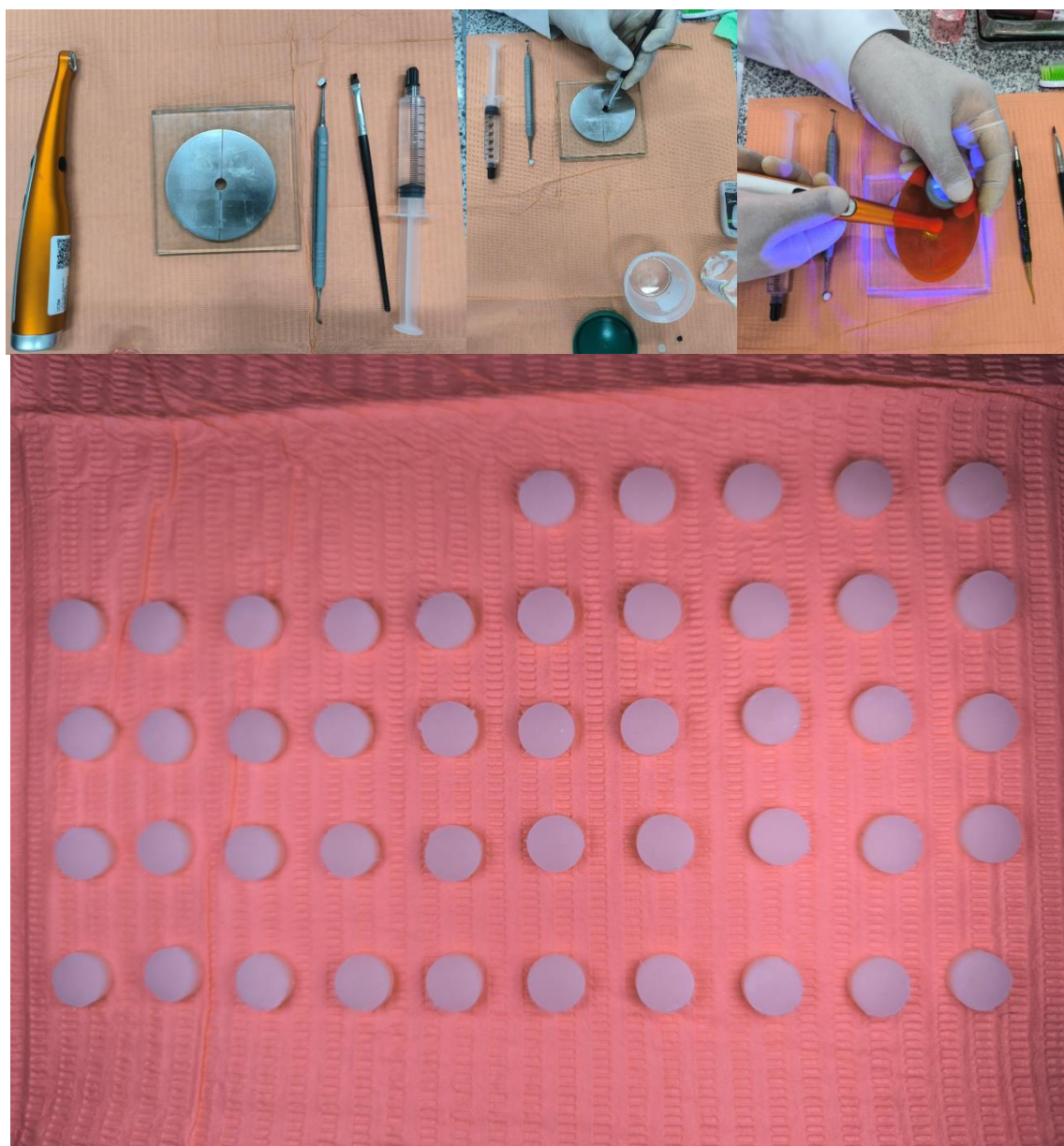


Figura 6
Medición de las muestras



Figura 7
Pulido de las muestras

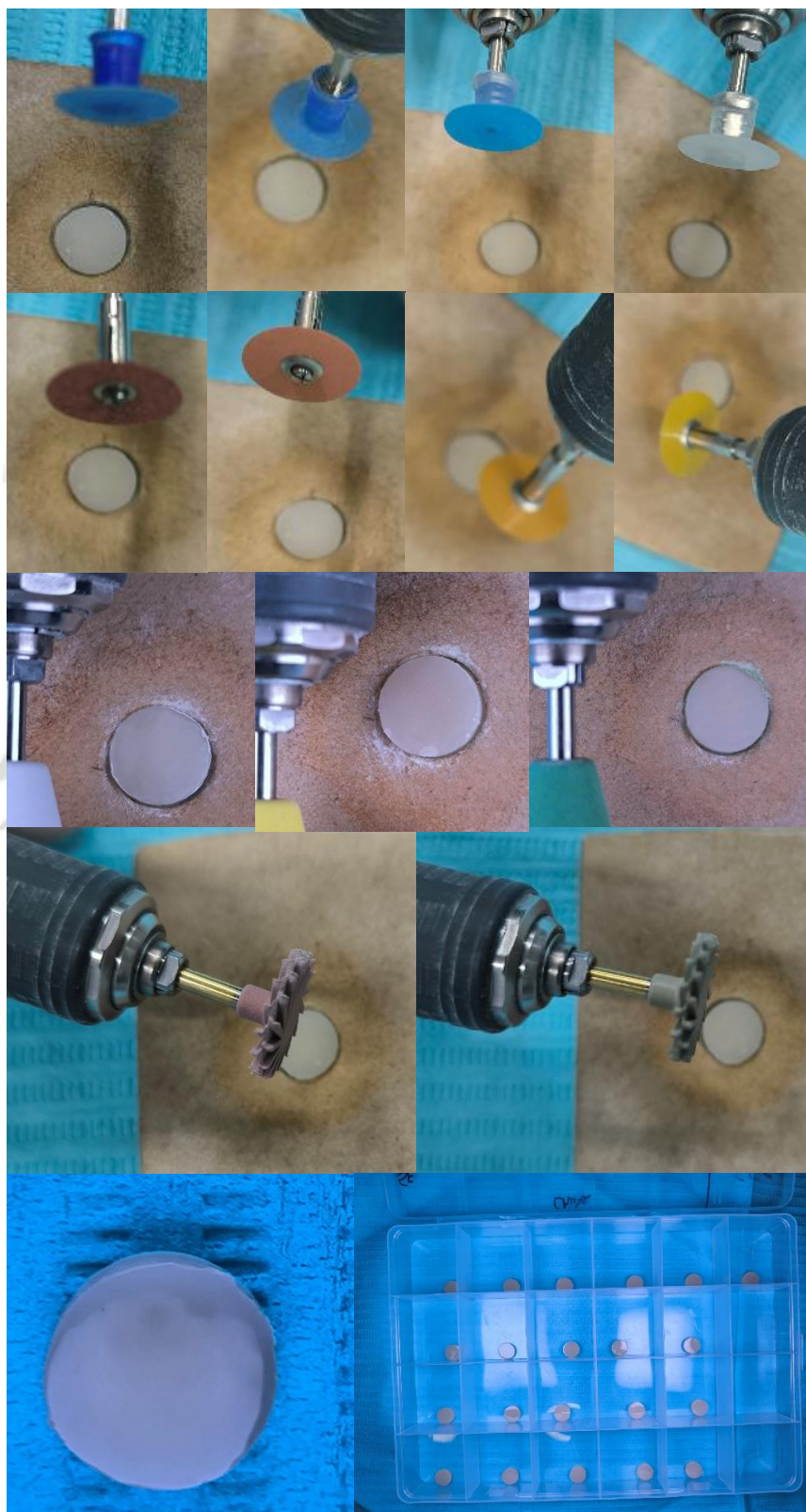


Figura 8
Condiciones simuladas con ácido clorhídrico

