Universidad Católica de Santa María

Facultad de Odontología

Escuela Profesional de Odontología

Estudio comparativo del efecto de dos geles de peróxido de hidrogeno al 35% en la microfiltración marginal de una resina nanohíbrida, Arequipa 2024

Tesis presentada por:

Barrios Aranda, Alisson Graciela

ORCID: 0009-0005-1399-9516

para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Asesor:

Dr. Gallegos Misad, Pedro Pablo

ORCID: 0000-0002-8436-8763

Arequipa – Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ODONTOLOGIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 18 de Septiembre del 2026

Dictamen: 012922-C-EPO-2026

Visto el borrador del expediente 012922, presentado por:

2015242652 - BARRIOS ARANDA ALISSON GRACIELA

Titulado:

ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE DOS GELES DE PERÓXIDO DE HIDROGENO AL 35 % EN LA MICROFILTRACIÓN MARGINAL DE UNA RESINA NANOHÍBRIDA, AREQUIPA 2024

Nuestro dictamen es:

APROBADO

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

CIRUJANO DENTISTA

04641311 - TEJADA TEJADA RENAN FERNANDO
DICTAMINADOR

29238358 - SALAS ROJAS MONICA HILDA CLEOFE
DICTAMINADOR

44601950 - ALVARADO GOMEZ ALBERTO ARMANDO
DICTAMINADOR

ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE DOS GELES DE PERÓXIDO DE HIDROGENO AL 35 % EN LA MICROFILTRACIÓN MARGINAL DE UNA RESINA NANOHÍBRIDA, AREQUIPA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%	17%	0%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	10%
2	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	1%

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Apagado		

DEDICATORIA

Quisiera expresar mi gratitud a Dios por estar a mi lado y guiarme en cada momento de mi vida, por fortalecerme cuando más lo necesitaba y por permitirme llegar hasta aquí.

Quisiera agradecer a mis padres por ser mi apoyo constante y uno de los pilares más importantes de mi vida. Deseo expresar mi gratitud a mi madre por ser mi amiga más cercana, la persona en quien más confío y quien a menudo me ha inspirado a perseverar y no renunciar a mi meta. También quiero agradecer a mi padre por su apoyo, su confianza en mí y su presencia a lo largo de toda mi formación profesional. Les agradezco a ambos por creer en mí y por ayudarme en cada etapa del proceso; sin duda, este logro también es suyo.

A mi hija Alíah, el amor más grande que la vida me ha regalado. Llegaste a darle un nuevo sentido a mis sueños y a convertirte en mi mayor inspiración para seguir adelante. Que algún día puedas saber que también fuiste parte de este logro, porque muchas veces encontré en ti la fuerza para continuar.

Quiero expresar mi gratitud a mi esposo, Jonathan, por estar a mi lado durante este viaje, así como por su paciencia, apoyo y compañía. Quiero agradecerte por ser mi compañero, mi refugio seguro y mi hogar, y por no separarte de mi lado en cada instante de esta etapa.

Quiero expresarle mi amor y mi agradecimiento dedicándoles esta obra.

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá, mi más profundo agradecimiento, por su amor, su paciencia y por estar siempre a mi lado. Gracias por ayudarme tantas veces, incluso cuando no te correspondía hacerlo, por hacer mucho más de lo que estaba en tus manos y por nunca dudar de mí. Me faltaría una vida entera para agradecerte todo lo que has hecho por mí y todo lo que has dado para verme llegar hasta aquí. Este logro también es tuyo.

A la Universidad Católica de Santa María y a la Facultad de Odontología, por ser el lugar donde crecí, aprendí y me formé como profesional.

A mis docentes, por sus enseñanzas, dedicación y por contribuir a mi formación como odontóloga.

Quisiera expresar mi gratitud a mi asesor y a las personas que revisaron mi trabajo por el tiempo que me dedicaron, la orientación que me brindaron y las contribuciones fundamentales que realizaron durante mi estudio.

Gracias a mi familia por estar siempre a mi lado y por compartir conmigo la alegría de cada logro. En particular, deseo agradecer a mi madre, Chelita, por sentirse siempre orgullosa de mí y disfrutar de mis victorias como si fueran propias; ella siempre me ha transmitido la convicción de que soy capaz de llegar aún más lejos. Le agradezco profundamente su cariño y la gran fe que ha depositado en mí.

Por último, quiero expresar mi gratitud a todas aquellas personas que estuvieron presentes y contribuyeron de alguna manera, ya fuera con una palabra, un gesto, conocimientos o ayuda, para hacer posible que hoy pueda culminar esta etapa y convertir mi sueño en realidad. Les estoy profundamente agradecido desde lo más profundo de mi ser.

EPÍGRAFE

“Aquellos que tienen fe en el encanto de sus aspiraciones son quienes tendrán éxito en el futuro.”

— Eleanor Roosevelt

RESUMEN

El propósito principal de este estudio fue investigar los niveles de filtración marginal en restauraciones de resina nanohíbrida de Clase V tras la aplicación de los geles. Whiteness HP Maxx 35% y Clariant Angelus Office 35% fueron los dos geles de blanqueamiento dental utilizados. El objetivo de la investigación fue determinar si el sellado de la cavidad se veía afectado por la oxidación y la liberación de oxígeno asociadas a estos productos, así como evaluar la eficacia de diversas marcas comerciales en comparación con un grupo de control.

La investigación se llevó a cabo en condiciones de laboratorio con una muestra de 36 premolares, divididos en tres grupos de 12 dientes cada uno. Para simular los efectos del envejecimiento intraoral, se prepararon cavidades de Clase V y se restauraron utilizando resina nanohíbrida. Posteriormente, las muestras se sometieron a un proceso de termociclado de 500 ciclos. Tras la aplicación de los geles blanqueadores según los grupos (Control, Whiteness y Clariant), las muestras se sumergieron en azul de metileno. Luego, se examinaron mediante cortes longitudinales utilizando un estereomicroscopio con un aumento de 32x. Para determinar si los datos seguían una distribución normal, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk. Asimismo, se emplearon las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney.

Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (P = 0,049). El análisis descriptivo reveló que el grupo tratado con Whiteness HP Maxx 35% presentó el mayor grado de microfiltración. Concretamente, el 41,7 % de las muestras se clasificó en el Grado 3, lo que representa una diferencia significativa en comparación con el grupo de control (P = 0,031). Por otro lado, el grupo tratado con Clariant Angelus Office al 35 % presentó un patrón de comportamiento más uniforme, con un 75 % de los casos clasificados en los grados 1 y 2, sin que se observaran cambios estadísticamente significativos en comparación con el grupo de control (P = 0,452).

Dado que se ha determinado que las técnicas de blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno al 35 % afectan a la integridad marginal de las restauraciones de resina nanohíbrida, se acepta la hipótesis de la investigación. Tras el tratamiento de blanqueamiento, es necesario esperar un tiempo determinado antes de realizar las restauraciones. Estos resultados subrayan la necesidad de seleccionar cuidadosamente la solución blanqueadora.

Palabras clave: Microfiltración marginal, aclaramiento dental, resina nanohíbrida.

SUMMARY

The primary purpose of this study was to investigate marginal leakage levels in Class V nanohybrid resin restorations following the application of bleaching gels. Whiteness HP Maxx 35% and Clariant Angelus Office 35% were the two dental bleaching gels used. The research aimed to determine whether the cavity seal was affected by the oxidation and oxygen release associated with these products, as well as to evaluate the efficacy of different commercial brands compared to a control group.

The study was conducted under laboratory conditions using a sample of 36 premolars, divided into three groups of 12 teeth each. To simulate the effects of intraoral aging, Class V cavities were prepared and restored using nanohybrid resin. Subsequently, the samples underwent a 500-cycle thermocycling process. After applying the bleaching gels according to the assigned groups (Control, Whiteness, and Clariant), the samples were immersed in methylene blue. They were then examined via longitudinal sections using a stereomicroscope at 32x magnification. The Shapiro-Wilk test was used to determine whether the data followed a normal distribution. Additionally, the non-parametric Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U tests were employed.

The results showed statistically significant differences between the groups ($P = 0.049$). Descriptive analysis revealed that the group treated with Whiteness HP Maxx 35% exhibited the highest degree of microleakage. Specifically, 41.7% of the samples were classified as Grade 3, representing a significant difference compared to the control group ($P = 0.031$). On the other hand, the group treated with 35% Clariant Angelus Office exhibited a more uniform pattern of behavior, with 75% of cases classified as grades 1 and 2, and no statistically significant changes observed compared to the control group ($P = 0.452$).

Given that 35% hydrogen peroxide tooth whitening techniques have been shown to affect the marginal integrity of nanohybrid resin restorations, the research hypothesis is accepted. A specific waiting period is required between the whitening treatment and the placement of restorations. These results underscore the need for careful selection of the whitening solution.

Keywords: Marginal microleakage, dental bleaching, nanohybrid resin.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

EPÍGRAFE

RESUMEN

SUMMARY

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 2

1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA 3

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN 3

a. Principal 3

b. Específicas 3

3. JUSTIFICACIÓN 4

4. OBJETIVOS 5

a. General 5

b. Específicos 5

5. MARCO TEÓRICO 6

5.1. ESMALTE 6

5.2. DENTINA 16

5.3. Aclaramiento Dental 21

5.4. Microfiltración Marginal 25

5.5. Resinas compuestas 29

5.6. Antecedentes investigativos 35

a. Internacionales: 35

b. Nacionales: 37

c. Locales: 39

6. HIPÓTESIS....41
CAPÍTULO II....42
1. DISEÑO METODOLÓGICO....43
2. POBLACIÓN Y MUESTRA....43
a. Criterios de inclusión....43
b. Criterios de exclusión....44
3. TABLA DE VARIABLES....45
4. TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS....45
5. PLAN DE ANÁLISIS....50
6. CONSIDERACIONES ÉTICAS....50
7. RECURSOS....51
8. CRONOGRAMA....52
CAPÍTULO III....53
DISCUSIÓN....66
CONCLUSIONES....70
RECOMENDACIONES....71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS....72

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 Variables investigativas 45
TABLA 2 Análisis estadístico 50
TABLA 3 Prueba de Normalidad 54
TABLA 4 Grado de Microfiltración. Grupo Control 56
TABLA 5 Grado de Microfiltración. Whiteness HP Maxx 35% 58
TABLA 6 Grado de Microfiltración. Clariant Angelus Office 35 % 60
TABLA 7 Comparación de los niveles de microfiltración marginal según el grupo 62
TABLA 8 Análisis comparativo por pares de los grados de microfiltración 64

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Prueba de Normalidad....55
FIGURA 2 Grado de Microfiltración. Grupo Control....57
FIGURA 3 Grado de Microfiltración. Whiteness HP Maxx 35%....59
FIGURA 4 Grado de Microfiltración. Clariant Angelus Office 35 %....61
FIGURA 5 Comparación de los niveles de microfiltración marginal según el grupo....63
FIGURA 6 Análisis comparativo por pares de los grados de microfiltración....65
FIGURA 7 Whiteness hp Maxx 35%....80
FIGURA 8 Grupo Clariant Angelus Office 35 %....80
FIGURA 9 Elaboración de muestras....81
FIGURA 10 Profilaxis....81
FIGURA 11 Aclaramiento....82
FIGURA 12 Aclaramiento....82
FIGURA 13 Aclaramiento....83
FIGURA 14 Aclaramiento....83
FIGURA 15 Preparación de cavidades....84
FIGURA 16 Preparación de cavidades....84
FIGURA 17 Preparación de cavidades....85
FIGURA 18 Preparación de cavidades....85
FIGURA 19 Termociclaje....86
FIGURA 20 Termociclaje....86
FIGURA 21 Termociclaje....87
FIGURA 22 Colorante....87
FIGURA 23 Corte de muestras....88
FIGURA 24 Filtración Grado 0....88
FIGURA 25 Filtración Grado 2....89
FIGURA 26 Filtración Grado 1....89
FIGURA 27 Filtración Grado 4....90
FIGURA 28 Filtración Grado 5....90

ÍNDICE DE ANEXOS

FICHA 1 Recolección de datos.....79
FICHA 2 Dictamen comité de ética.....91

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el aclaramiento dental es un procedimiento con mucha demanda en la práctica odontológica, debido a que los pacientes no solo buscan solucionar patologías bucales, sino que ahora requieren estética y armonía en sus dientes. Una sonrisa blanca y con una correcta alineación se ha convertido en el estándar de las campañas de publicidad, lo que lleva a los pacientes a requerir con más frecuencia tratamientos estéticos como el aclaramiento dental (1).

Frecuentemente se realiza el aclaramiento asociado a otros tratamientos como las restauraciones con resinas, sobre todo cuando se quiere reemplazar restauraciones antiguas luego del aclaramiento, para conseguir una estética superior. En los procedimientos que requieren una correcta adhesión a los tejidos dentarios, cualquier factor que influya en esta adhesión puede perjudicar la estética o la permanencia de dichas restauraciones en boca (2).

En estos tiempos contamos con diferentes métodos para realizar un adecuado tratamiento de aclarado dental, entre los que se encuentra el peróxido de hidrógeno al 35 %, material que nos permite realizar un tratamiento rápido y eficaz, pero que debido a su alta concentración puede presentar algún efecto en el esmalte dental, ya que las moléculas de oxígeno ingresan a través de los prismas del esmalte, y su efecto desproteinizante, puede provocar cambios en la composición química del tejido dental y afectar su dureza superficial (3).

Pero no solo son los tejidos dentales los que pudieran sufrir alguna alteración, sino también los materiales restauradores se podrían ver afectados por los agentes aclaradores, es por eso que en el presente trabajo de investigación se realizará un análisis del efecto que pudieran tener dos marcas comerciales de peróxido de hidrógeno al 35 % en la microfiltración marginal de una restauración clase V con resina nanohíbrida (4).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

Al evaluar el estado de una restauración de resina compuesta, uno de los factores más importantes a considerar es la calidad del ajuste de la restauración con los márgenes de la cavidad. Si el sellado marginal es insuficiente, existe la posibilidad de que se produzcan filtraciones, lo cual afectará directamente el éxito de la restauración.

El profesional debe considerar detenidamente diversos criterios, como la adhesión, el tipo de resina y la ubicación de la cavidad, ya que todos ellos pueden influir en la filtración marginal. Por otro lado, existen factores externos, como el uso de tratamientos de blanqueamiento dental a base de peróxido de hidrógeno, cuya demanda va en aumento entre los pacientes que desean aclarar su sonrisa.

No existe una norma clara sobre los efectos de los agentes blanqueadores con peróxido de hidrógeno en las resinas compuestas nanohíbridas, y ni la literatura publicada ni la práctica clínica actual ofrecen recomendaciones al respecto. El objetivo de esta investigación es analizar la posible influencia de los productos de blanqueamiento dental en la microfiltración marginal. Esta cuestión ha sido identificada tanto a través de la revisión de la literatura existente como mediante consultas realizadas a odontólogos generales y especialistas.

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

a. Principal

- ¿Varían los niveles de filtración marginal en restauraciones de resina nanohíbrida tras el uso de dos geles blanqueadores diferentes, como Whiteness HP Maxx al 35 % y Clariant Angelus Office al 35 %? En caso afirmativo, ¿cuáles son las diferencias entre ambos geles?

b. Específicas

- ¿Qué grado de filtración marginal presentan las restauraciones de resina nanohíbrida tras el blanqueamiento dental con Whiteness HP Maxx al 35%?

- ¿Qué grado de filtración marginal se observó en las restauraciones de resina nanohíbrida tras el uso de Clariant Angelus Office al 35% para el blanqueamiento dental?

3. JUSTIFICACIÓN

3.1. Originalidad

Existe muy poca información sobre cómo dos geles blanqueadores de uso generalizado y disponibles comercialmente pueden afectar la microfiltración marginal de las restauraciones de resina nanohíbrida. Esto ocurre a pesar de que la literatura científica actual cuenta con numerosas investigaciones sobre la filtración marginal y el blanqueamiento dental. Por esta razón, el presente trabajo constituye una aportación singular al ámbito de la investigación científica contemporánea.

3.2. Importancia científica

Como parte de la comunidad científica, resulta esencial llevar a cabo una investigación de laboratorio que compare dos marcas comerciales de gel blanqueador. El objetivo de este estudio es determinar si existe alguna diferencia entre dichos productos y cómo influyen en la filtración marginal de una resina nanohíbrida.

3.3. Relevancia Social

El objetivo de este estudio es evaluar si los tratamientos de blanqueamiento disponibles en el mercado influyen en la filtración marginal de las restauraciones de resina. Esto ayudará a los profesionales de la odontología al proporcionarles más datos para orientar la elección de procedimientos y materiales en diversos tratamientos; en consecuencia, beneficiará a los pacientes y resultará relevante para la sociedad en su conjunto.

3.4. Viabilidad

Este estudio es viable porque se cuenta con todos los recursos necesarios, incluidos equipos, suministros, infraestructura y bibliografía de fácil acceso, y se dispone del tiempo y de los métodos fundamentales requeridos para llevar a cabo la investigación.

4. OBJETIVOS

a. General

- Investigar la diferencia en el grado de filtración marginal de restauraciones con resina nanohíbrida, posterior a la aplicación de dos distintos geles de aclaramiento como Whiteness hp Maxx 35% y Clariant Angelus Office 35 %

b. Específicos

- Determinar el grado de filtración marginal en restauraciones con resina nanohíbrida, posterior al aclaramiento dental con Whiteness hp Maxx 35%.
- Determinar el grado de filtración marginal en restauraciones con resina nanohíbrida, posterior al aclaramiento dental con Clariant Angelus Office 35 %.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. ESMALTE

a) Conceptos Generales

El esmalte dental es uno de los tejidos biológicos más resistentes del cuerpo humano. Además de su función fundamental de recubrir y proteger la corona del diente, permite que este soporte las tensiones de la masticación sin fracturarse. Este tejido, que está en contacto directo con el medio bucal, es el responsable de conferir a las coronas dentales su estructura y forma características. En cuanto a su estructura, está compuesto por prismas unidos entre sí. A pesar de la presión ejercida durante la masticación, estos prismas muestran una resistencia impresionante.

Estos prismas, que tienen forma de cerradura y se distinguen por su apariencia peculiar, son depositados por los ameloblastos, células especializadas encargadas de este proceso. La migración de los ameloblastos desde la unión amelodentinaria, que ocurre en diversas direcciones durante la fase de crecimiento, es la causa de la curvatura característica de los prismas. Aunque estas células se desplazan en distintas direcciones, mantienen su colaboración mutua, lo que permite la formación continua de los prismas. Una de las propiedades ópticas más destacadas del tejido es la presencia de las bandas de Hunter-Schreger: franjas alternas claras y oscuras visibles cuando la luz incide sobre las estructuras prismáticas. El esmalte maduro recibe a veces el nombre de "esmalte entrelazado" debido a la curvatura de los prismas en las cúspides, lo que le confiere un aspecto distintivo; de hecho, es precisamente esta curvatura la que otorga al esmalte maduro su apariencia característica (5).

En cuanto a la composición del organismo, el esmalte es el tejido que, desde sus inicios, presenta la mayor concentración de ciertos minerales. Además de estar compuesto por sustancias inorgánicas (cristales de hidroxiapatita, que constituyen el 96 % de su composición total), recubre por completo la superficie anatómica de la corona dental. Asimismo, carece de componentes orgánicos. Del cuatro por ciento restante, el uno por ciento corresponde a agua, mientras que el tres por ciento restante está formado por moléculas orgánicas. Una vez alcanzada su

madurez completa, el esmalte no puede regenerarse, ya que es una estructura acelular que no contiene colágeno. Además, desempeña un papel fundamental en la protección de la dentina y la pulpa frente a daños térmicos, químicos y mecánicos, influyendo también en la estética y la sensibilidad dental.

La amelogénesis es el proceso continuo que tiene lugar durante el desarrollo dental y que se encarga de la formación del esmalte. Las células responsables de llevar a cabo este proceso son los ameloblastos, encargados de formar los prismas del esmalte (también denominados bastoncillos). La extraordinaria resistencia de este tejido se atribuye a la arquitectura específica resultante de la disposición de dichas células en su estructura. El espesor del esmalte oscila entre dos y dos milímetros y medio en las cúspides, disminuyendo progresivamente a medida que se desciende hacia la zona cervical (6).

Desde un punto de vista funcional, el esmalte (a veces denominado tejido adamantino) cumple la función de proteger el complejo dentino-pulpar subyacente. Esta estructura está compuesta por millones de prismas altamente mineralizados organizados en un patrón radial, y se extiende desde la unión con la dentina hasta la superficie del diente. En la dentición primaria, comúnmente llamada dentición decidua, este tejido desempeña esa misma función protectora. La dentición primaria consta de veinte dientes; estos comienzan a erupcionar a los seis meses de edad y son reemplazados alrededor de los doce años (7).

Su grosor no es uniforme en todas las zonas; más bien, varía considerablemente (entre 0,8 y 3,5 mm) según el tipo de diente y el punto de medición específico. Esta variación depende del diente que se esté midiendo. El tercio cervical comprende las secciones más estrechas, mientras que los bordes incisales y oclusales (también denominados cúspides) presentan el mayor grosor en sus respectivas ubicaciones (8).

Estas células se originan a partir de los ameloblastos y tienen su origen en la capa ectodérmica embrionaria. En las proximidades de la unión amelodentinaria, presentan finas proyecciones orientadas hacia dicha región (9).

El proceso de amelogénesis da lugar a la formación de una barrera robusta que protege el diente frente a los efectos potencialmente dañinos del estrés físico, los agentes químicos y la actividad bacteriana (10).

En resumen, el esmalte es un tejido fisiológico altamente especializado que carece de células en su composición fundamental. Las estructuras prismáticas de su matriz de hidroxiapatita, predominantemente inorgánica y cristalina, contribuyen a su configuración general. Uno de los factores clave que explican la extraordinaria resistencia de este material es su organización estructural. El esmalte exhibe un comportamiento mecánico anisotrópico, lo que significa que sus propiedades varían según la orientación de los prismas; esto influye directamente en la interacción del esmalte con procedimientos clínicos como el grabado ácido y la adhesión de resinas.

Gracias a su elevado grado de mineralización, que representa el 96 % de su peso, posee excelentes propiedades físicas, tales como una notable resistencia al desgaste y a la compresión, así como una gran dureza superficial. No obstante, esa misma característica lo hace frágil ante esfuerzos de tracción y flexión, por lo que depende del soporte estructural de la dentina subyacente. Al carecer de células vivas, el esmalte no tiene capacidad de autorreparación; por ello, es vulnerable a la desmineralización y a la caries, especialmente en entornos de alta acidez. En consecuencia, la odontología restauradora moderna otorga gran importancia a preservar la integridad estructural del esmalte remanente (11).

Mediante examen histológico se ha determinado que la unidad fundamental está constituida por prismas o bastoncillos, estructuras cilíndricas que se agrupan para conferir resistencia mecánica. Para llegar a la superficie, cada prisma sigue una trayectoria específica que se inicia en la unión amelodentinaria (UAD). Dado que no existen células capaces de desempeñar un papel activo ni células con potencial de regeneración, cualquier tipo de lesión, como la caries, provoca un daño irreversible (10).

La formación y progresión de cada prisma se produce a un ritmo de cuatro micrómetros cada veinticuatro horas hasta alcanzar su ubicación definitiva. Estas expansiones se manifiestan como líneas transversales oscuras conocidas como estrías de Retzius, las cuales recuerdan a los anillos de crecimiento de los árboles. Además, son más perceptibles en la superficie del esmalte, donde forman crestas denominadas periquimatos. En la zona de unión entre la dentina y el esmalte pueden observarse dos estructuras clave: los husos (terminaciones de los túbulos

dentinarios que se prolongan hacia el esmalte) y los penachos (regiones con menor concentración de calcio resultantes de la curvatura de los grupos de prismas).

Los cristales se disponen formando prismas curvos que constituyen los elementos estructurales básicos del esmalte. Aunque estos cristales dejan de crecer, generan espacios intermedios muy precisos. Dado que estos microespacios influyen en la dureza y densidad del tejido, crean zonas susceptibles a la infiltración de partículas en diversos grados, lo que finalmente conduce al desarrollo de enfermedad periodontal. Una vez finalizado el proceso de formación, no quedan cristales libres (5).

El color del esmalte puede variar desde un amarillo muy claro hasta un blanco grisáceo; sin embargo, independientemente de su posición en este espectro, siempre es translúcido. El esmalte presenta una amplia variedad de tonalidades. La dentina, situada bajo el esmalte y visible a través de él, es el componente que determina el color aparente real del diente. Esta percepción del color está relacionada con el grosor: las zonas cervicales, más delgadas, tienden a verse amarillentas, mientras que las cúspides, más gruesas, presentan un aspecto grisáceo; existe, por tanto, una conexión entre el grosor y la percepción del color. Esta translucidez, que disminuye a medida que aumenta el grado de calcificación, resulta valiosa en el ámbito clínico, ya que permite identificar aquellas zonas del diente que han perdido minerales debido a la caries dental. Esto se logra proyectando luz a través del diente. Al igual que ocurre con la composición mineral de otros tejidos duros (como el hueso, la dentina y el cemento), este tejido también contiene una cantidad considerable de minerales. Su composición se basa principalmente en hidroxiapatita de fosfato cálcico, en la que algunos iones de calcio son sustituidos por iones de carbonato. Durante la formación de los cristales, existe la posibilidad de incorporar diversos iones a su estructura; entre ellos se encuentran el estroncio, el magnesio, el plomo y el fluoruro. La principal desventaja de esta sustancia es su tendencia a deteriorarse cuando se expone a medios ácidos, lo que acaba provocando caries dental; esta es una de las características fundamentales del material (12).

b) Estructura química

- **Matriz orgánica:** Las proteínas presentes en la naturaleza constituyen los componentes orgánicos más significativos que allí se encuentran. Su composición consiste en un complejo conjunto de agregados polipeptídicos, cuya naturaleza aún no se ha caracterizado completamente en muchos aspectos. A menudo se atribuye este problema a la posible contaminación durante el proceso de separación de la matriz biológica del esmalte de la dentina subyacente. Diversos investigadores han planteado la hipótesis de la existencia de proteínas distintas, diferenciables entre sí por sus pesos moleculares y características; para ello, se han empleado métodos como el fraccionamiento, la electroforesis y la extracción. Se ha confirmado con gran certeza la presencia de metaloproteinasas, amelogeninas, sheathilinas y ameloblastinas en la matriz biológica a lo largo de todo el proceso de formación del esmalte. La distribución de estos componentes carece de regularidad (7).

- **Matriz inorgánica:** La mayor parte de este componente está constituida por sales minerales de calcio, siendo el fosfato y el carbonato los elementos más importantes, respectivamente. Se ha demostrado que estas sales poseen una estructura de apatita comparable a la presente en el hueso, la dentina y el cemento. Esta idea se respalda en la fórmula general $Ca^{2+}(PO_2^{+})+(OH)^{+}$, y los ensayos de difracción de rayos X han confirmado dicho hallazgo. Tras incorporarse a la matriz del esmalte, estas sales experimentan un rápido proceso de cristalización que culmina en la formación de cristales de hidroxiapatita.

  Cabe destacar que el esmalte no contiene fosfato de calcio amorfo, a diferencia de la dentina y el tejido óseo; esta es una distinción importante. Su composición es notable por la presencia de diversas sales minerales de calcio, como carbonatos y sulfatos, además de oligoelementos que incluyen flúor, potasio, magnesio, hierro, manganeso y cobre. Existe la posibilidad de que los iones de flúor sustituyan a los grupos hidroxilo dentro de la red cristalina de la hidroxiapatita. Los iones de flúor pueden reemplazar aproximadamente uno de

cada cuarenta grupos hidroxilo. Mediante este proceso, el cristal de hidroxiapatita se transforma en una estructura de fluorhidroxiapatita. Esta modificación mejora significativamente la resistencia del esmalte a la caries, al reducir su solubilidad y aumentar su resistencia a los ácidos. La concentración de flúor alcanza su valor máximo cerca de la superficie del esmalte —concretamente en los primeros cincuenta micrómetros de profundidad— y disminuye en un factor de veinte a medida que aumenta la profundidad del tejido. Existen dos categorías de causas que pueden provocar variaciones en los niveles de flúor del esmalte: a) factores biológicos, que incluyen los niveles de flúor en el agua potable o en los alimentos; y b) factores clínicos, derivados de tratamientos con flúor tópico aplicados sobre la superficie dental, como pastas de dientes y geles (7).

c) Características Físicas del Esmalte

- **Dureza:** Al hablar de materiales, nos referimos a la capacidad de un material para resistir el desgaste o mantener su forma durante el proceso de producción. Desde la perspectiva de la escala de Mohs, el esmalte posee un nivel de dureza cinco veces superior al de la apatita. Al aproximarse a la zona de unión entre la dentina y el esmalte, se observa que el grado de mineralización disminuye gradualmente; esto se debe a que dicho nivel está directamente relacionado con la dureza de la sustancia (7).

- **Elasticidad:** Dado que solo está presente en determinadas cantidades de agua y moléculas orgánicas, resulta difícil de detectar. Al carecer del soporte que proporciona la dentina elástica, se transforma en un tejido quebradizo, propenso a fracturarse en fragmentos de mayor o menor tamaño. Por ello, es responsabilidad del dentista asegurarse de preservar el soporte dentinario esencial durante la preparación de las paredes cavitarias remanentes (7).

- **Color y translucidez:** El color del esmalte puede variar de un blanco amarillento a un blanco grisáceo, caracterizándose ambos tonos por su transparencia intrínseca. Sin embargo, el esmalte en sí no posee propiedades

inherentes que determinen su color aparente; más bien, este depende de la dentina subyacente. Por lo general, las zonas más delgadas, como la región cervical, tienden a verse más amarillentas, mientras que las áreas más gruesas, como las cúspides, tienden a presentar un aspecto más grisáceo. Existe una correlación directa entre el grado de calcificación y el grado de transparencia: un mayor nivel de mineralización conlleva una mayor transparencia, y viceversa. Asimismo, existe una correlación significativa y directamente proporcional entre la densidad mineral del esmalte y la cantidad de luz blanca que este dispersa; la técnica diagnóstica conocida como transiluminación por fibra óptica aprovecha esta propiedad para identificar zonas de desmineralización causadas por caries, las cuales se manifiestan como manchas opacas (7).

- **Radioopacidad (Resistencia al paso de los Rayos X):** El esmalte es el tejido biológico con mayor radiopacidad, lo que significa que ofrece la máxima resistencia a la penetración de los rayos X. Esto se debe a su elevada concentración de minerales. En una radiografía dental se puede observar una banda blanca característica que representa un esmalte sano. Por el contrario, las zonas afectadas por caries presentan una menor radiopacidad y aparecen como áreas radiolúcidas de color gris oscuro; esto se debe principalmente a la pérdida de calcio en dichas regiones (7).

d) Histología del esmalte dental – Prismas del esmalte

Los prismas son las unidades estructurales fundamentales que componen el esmalte. El ancho de cada prisma oscila entre cuatro y seis micrómetros, y se extiende desde la unión amelodentinaria hasta la superficie del diente. Por lo general, presentan una forma de "ojo de cerradura" o de "arco" en sección transversal, lo cual constituye una de sus características más distintivas. Según los hallazgos de la investigación, los prismas poseen entre cinco y seis caras. No siguen una trayectoria recta; más bien, describen una curva en forma de "S" desde la dentina hasta la superficie dental. Además, los prismas que conforman las distintas capas de esmalte no se disponen de forma paralela entre sí, sino siguiendo un patrón entrecruzado. Gracias a esta organización estructural, las

capas de esmalte pueden resistir fuerzas que, de otro modo, provocarían fracturas en el tejido. Tanto en la unión con la dentina como en la zona más alejada de la cavidad central, la disposición de estas estructuras es menos ordenada que en el resto del tejido. A pocos micrómetros por debajo de la superficie, se produce un cambio drástico en la orientación de los prismas: estos pasan a situarse prácticamente perpendiculares a la superficie, un fenómeno que ocurre únicamente en la proximidad inmediata de la misma (8).

- **Morfología de los prismas:** Aunque el grosor de las estructuras puede variar entre 4 y 10 µm, existen estructuras con un espesor promedio de alrededor de 4 µm. Presentan un aspecto alargado: comienzan siendo estrechas y se ensanchan gradualmente a medida que se acercan a la superficie libre. Su longitud total supera el espesor del esmalte que las rodea, debido a que su trayectoria es ondulada. Dependiendo del tamaño del diente, el número total de prismas contenidos en la corona puede oscilar entre cinco y doce millones (7).

- **Composición de los prismas:** Dentro del prisma existen agrupaciones de cristales de hidroxiapatita estrechamente empaquetados y alineados a lo largo de un eje cristalográfico determinado; esta es la razón de la forma peculiar de los cristales. Los cristales que constituyen la cabeza del prisma se alinean paralelamente a su eje longitudinal cuando el prisma se secciona a lo largo de este. En la zona de transición entre la cabeza y la cola, los cristales se inclinan progresivamente hasta orientarse, en la cola, de manera prácticamente perpendicular al eje del prisma (7).

- **Orientación de los prismas:** Cuando los prismas se disponen de cierta manera, se revela un patrón complejo que no sigue una línea recta. Se organizan en filas o capas concéntricas a lo largo del eje mayor del diente y se extienden hacia afuera desde la dentina. Esta estructura organizativa es la que confiere al diente su aspecto característico. Cada prisma sigue un trayecto ondulado, observable tanto en los cortes transversales como en los longitudinales de las estructuras dentales. Al superponerse capas consecutivas de prismas, se produce un cambio de dirección de unos dos

grados entre ellas. Además, las trayectorias curvas de los prismas a menudo se entrecruzan, lo que añade un nivel extra de complejidad a la estructura general (7).

- **La vaina del prisma:** Todos los prismas, que presentan un espesor de entre 0,1 y 0,5 µm, están encerrados en sus propias vainas. Al tiempo que se extienden hacia las caras retraídas de las colas de los prismas adyacentes, estas vainas cumplen la función de proteger las caras salientes de las cabezas de los prismas. Además, el material situado entre los prismas garantiza que la matriz del esmalte mantenga su continuidad en toda su extensión, sin interrupciones (7).

- **Los cristales:** La dentina, el cemento y el hueso contienen cristales de hidroxiapatita; sin embargo, los cristales presentes en el esmalte adulto son considerablemente más grandes que los que se encuentran en estos otros tejidos. Su disposición da lugar a la formación de prismas hexagonales muy alargados, conocidos frecuentemente como bastoncillos. Sus dimensiones habituales son: 160 nanómetros de longitud, 40 nanómetros de anchura y 25 nanómetros de grosor. Cuando los cristales se sitúan en la "cabeza" del prisma, su eje mayor está casi totalmente alineado con la dirección de orientación del prisma. Su orientación varía a lo largo de la "cola" a medida que se alejan del prisma, llegando a quedar casi perpendiculares a este en el extremo más distante; no obstante, si se alejan aún más, vuelven a alinearse con el eje longitudinal. Esto sucede porque el cambio de orientación se produce a lo largo de la "cola" (8).

- **La matriz:** La matriz biológica confinada se encarga de rellenar los espacios entre los cristales para poder desempeñar plenamente su función principal. Precisamente por estas razones, resulta difícil de analizar, ya que es delicada y tiende a modificarse con el paso del tiempo. Se trata de un gel amorfo, sin una estructura definida, responsable de mantener en su lugar la suspensión de cristales; este gel constituye la base del material (7).

- **Estriaciones transversales y las estrías de Retzius:** Además, los prismas presentan estriaciones transversales que aparecen a intervalos regulares de 4 a 6 µm. Estas estriaciones indican cambios periódicos en las condiciones de mineralización de los prismas. Es fácil identificar las estrías de Retzius, ya que consisten en líneas de crecimiento más anchas, espaciadas entre 20 y 80 micrómetros. Estas líneas se originan en la unión amelodentinaria y se extienden hacia la superficie formando un ángulo agudo; no obstante, algunas de ellas no llegan a alcanzar la superficie en las zonas de las cúspides. En conjunto, parecen agruparse de forma escalonada a lo largo de las estriaciones transversales. En las zonas de la superficie del esmalte donde emergen, las estrías de Retzius dan lugar a la formación de finos surcos. En la zona cervical de las personas más jóvenes, las líneas de inmadurez son más visibles que en la región cervical de las personas mayores. En los espacios situados entre estos surcos pueden observarse crestas transversales denominadas periquimatos. Al atravesar el esmalte interno, las bandas de Hunter-Schreger se manifiestan como franjas anchas de aspecto difuso que alternan zonas claras y oscuras. Da la impresión de que estas bandas siguen la misma dirección general que los prismas (8).

- **Laminillas, penachos y husos del esmalte:** Las laminillas son defectos lineales producidos por tejido que aún no se ha calcificado; poseen una forma fina y lineal. La laminilla principal se forma durante el proceso de desarrollo y está compuesta por matriz del esmalte no calcificada. Las laminillas secundarias suelen encontrarse en la capa externa del esmalte y se extienden hacia el interior hasta alcanzar la dentina; pueden formarse como consecuencia de un traumatismo y manifestarse tras la erupción del diente. Por otro lado, los penachos del esmalte se localizan en las capas internas del esmalte, por lo que no son visibles a simple vista. Además de presentar un aspecto similar a un arbusto, esta estructura poco mineralizada se caracteriza por iniciarse en la unión amelodentinaria y extenderse hacia el exterior. Existen unas pequeñas proyecciones, conocidas como husos, que pueden observarse en la capa más profunda del esmalte. Los husos poseen una base ancha y guardan relación con el esmalte circundante; asimismo, se cree que son prolongaciones de los túbulos dentinarios que se

extienden hacia el esmalte, originándose en la interfaz entre la dentina y el esmalte (8).

- **Bandas de Hunter-Schreger:** Los cuatro quintos más internos del esmalte se distinguen por la presencia de estas bandas, caracterizadas por un patrón de franjas claras (parazonas) y oscuras (diazonas) de anchura variable y límites difusos. Este patrón es el que confiere al esmalte su aspecto característico. Dichas bandas son visibles en el interior del esmalte; la técnica más eficaz para examinarlas consiste en utilizar cortes longitudinales pulidos o desgastados y observarlos bajo luz polarizada, la cual se emplea durante todo el proceso de observación. Estas bandas están presentes en todos los dientes permanentes, incluso en aquellos que aún se encuentran en fase de formación (7).

5.2. DENTINA

La dentina, también denominada a menudo marfil, es el tejido mineralizado que constituye la mayor parte del diente y actúa como su núcleo estructural. La cámara pulpar, situada en el interior del propio diente, es donde se aloja la pulpa dental. El esmalte protege la corona del diente, mientras que el cemento recubre la raíz.

Su grosor varía de un diente a otro. Se estima que el grosor en caninos y molares es de aproximadamente tres milímetros, si bien en los incisivos inferiores puede oscilar entre uno y uno y medio milímetros. Alcanza su mayor espesor en el borde incisal (también llamado cúspide) y se vuelve progresivamente más fina a medida que se acerca a la raíz. Dado que la dentina secundaria se deposita continuamente con el paso del tiempo, la dentina de los dientes de mayor edad es mucho más gruesa que la de los dientes más jóvenes. No se puede exagerar la importancia de este hecho (13).

Es un tejido vivo derivado del mesodermo. La composición de la hidroxiapatita está determinada por la matriz orgánica (formada por fibras de colágeno), la cual se deposita sobre las sales minerales de hidroxiapatita. El cemento protege la raíz, mientras que el esmalte recubre la corona; como consecuencia, la raíz suele quedar aislada del medio bucal. Se clasifica como primario, secundario o terciario según su etapa de desarrollo y sus características histológicas (14).

Los dos tipos de dentina que conforman la dentina primaria son la dentina del manto (una banda de aproximadamente 150 micrómetros de espesor situada en la unión amelodentinaria) y la dentina circumpulpar, que se forma posteriormente a la del manto y presenta fibras de colágeno de mayor tamaño. La dentina primaria constituye la mayor parte de la corona y la raíz. Se considera que una mineralización tisular insuficiente es la causa de la zona de dentina globular, la cual se caracteriza por la presencia de espacios interglobulares y actúa como barrera entre ambas zonas. Tras el inicio de la actividad funcional del diente, comienza a desarrollarse una capa de dentina secundaria que recubre y rodea la estructura dental. La producción de dentina terciaria, también denominada dentina reactiva o reparadora, es un proceso que ocurre en respuesta a estímulos tales como caries o traumatismos; este proceso tiene como finalidad proteger la pulpa dental. La capa de predentina es una matriz no calcificada situada junto a la pulpa. Los odontoblastos son las células responsables de la calcificación continua de la capa de predentina (15).

a) Química de la dentina

- **Matriz inorgánica:**

  Desde un punto de vista químico, los cristales de hidroxiapatita que componen esta sustancia son similares a los que se encuentran en el hueso, el cemento y el esmalte, y constituyen los elementos estructurales de este material. Por otra parte, los cristales que conforman este material son más pequeños y delgados que los de otras sustancias (miden aproximadamente 10 nm de altura, 25 nm de anchura y 36 nm de longitud) y representan casi el 70 por ciento del peso total de la sustancia. Estos cristales se organizan de forma paralela entre sí, tanto en el interior como en los espacios entre las fibras de colágeno. Además, el material está compuesto por fosfatos, carbonatos, sulfatos y oligoelementos en estado amorfo. Entre los elementos presentes en esta sustancia se incluyen el cobre, el zinc, el hierro, el magnesio y el flúor. Debido a su considerable contenido mineral, es más resistente que el hueso, pero mucho menos flexible que el esmalte. Presenta una radiopacidad inferior a la del esmalte, pero superior a la de la pulpa. La radiopacidad se refiere a la capacidad de bloquear la emisión de rayos X (16).

- **Matriz orgánica:**

  La estructura de la dentina está compuesta aproximadamente por un 93 % de colágeno, lo que equivale a casi el 17 % de la masa total de la dentina. El colágeno también representa alrededor del 20 % del peso de la dentina. Los componentes restantes incluyen una variedad de elementos, tales como mucopolisacáridos, componentes lipídicos, proteínas no caracterizadas y cantidades traza de ácido cítrico (menos del uno por ciento) (17).

b) Física de la dentina

- **Color:** La tonalidad blanco-amarillenta del diente, causada por la transparencia del esmalte, es el factor fundamental que determina el color de la pieza dental. Esta puede variar de una persona a otra y evolucionar con el paso del tiempo (13).

- **Translucidez:** En comparación con el esmalte, es menos translúcido debido a que presenta un menor grado de mineralización. Por ello, el conducto radicular podría visualizarse en las porciones apicales delgadas (13).

- **Dureza:** Debido a la cantidad significativa de minerales que contiene, su dureza es menor que la del esmalte, pero mayor que la del hueso y el cemento (13).

- **Radioopacidad:** Existe una diferencia entre su capacidad para bloquear los rayos X y la del esmalte; no obstante, es mayor que la del hueso y el cemento. Presenta un aspecto más oscuro que el esmalte al observarse en una radiografía (13).

- **Elasticidad:** La capacidad de flexionar es necesaria para que cumpla su función, ya que sirve para amortiguar las tensiones generadas por la masticación y, en consecuencia, compensa la rigidez del esmalte que rodea los dientes. Tanto la cantidad de agua como la de sustancias orgánicas que contiene influirán en dicha capacidad (13).

- **Permeabilidad:** La dentina es mucho más porosa que el esmalte debido a su red de túbulos dentinarios, lo que permite el paso de una amplia variedad de sustancias químicas, incluidos pigmentos, fármacos, agentes infecciosos y otros compuestos disueltos (7).

c) Histología de la dentina

- **Unidades estructurales básicas:**

  La dentina se compone de tres elementos fundamentales: la matriz situada entre los conductos, los odontoblastos (células en proceso de formación) y los túbulos dentinarios, que son canales (13).

  - **El odontoblasto y la fibrilla de Tomes:** Los odontoblastos, situados en la pulpa, generan una prolongación citoplasmática denominada prolongación odontoblástica o fibra de Tomes. Esta prolongación es la responsable de formar el sistema que fija la pulpa dentro de los túbulos, lo cual logra al atravesar todo el espesor de la dentina. Su longitud oscila, en promedio, entre 0,2 y 0,7 milímetros. En el caso de los dientes adultos, la opinión predominante sugiere que estas prolongaciones podrían no llegar hasta el límite del diente (18)**.**

  - **Túbulos dentinarios:** Se trata de canales delgados similares a tubos que recorren la dentina desde la pulpa hasta la unión entre la dentina y el esmalte o entre la dentina y el cemento. Están distribuidos por diversos puntos de la dentina. Su longitud promedio oscila entre 1,5 y 2 milímetros. Sus paredes están constituidas por dentina peritubular, una matriz con una elevada concentración de minerales. En el interior del túbulo puede observarse una prolongación del odontoblasto. Entre dicha pared y la prolongación mencionada se encuentra una zona denominada espacio periprolongación. Esta área permite que los nutrientes lleguen a la periferia y que los estímulos se transmitan a la pulpa, donde son requeridos (13).

- **Matriz intertubular o dentina intertubular:** La formación de este componente, que es el principal de la dentina, se atribuye a la presencia de una red de fibras de colágeno situadas entre los túbulos dentinarios. Sobre esta matriz se depositan cristales de hidroxiapatita (13).

- **La Predentina:**

  Aquí se hace referencia a una banda de matriz orgánica que aún no ha experimentado mineralización y cuyo espesor oscila entre 10 y 20 µm. Se localiza entre la dentina ya mineralizada y la capa de odontoblastos. Su estructura incluye proteínas conocidas como proteoglicanos, así como colágeno. Existe la teoría de que los odontoblastos son las células responsables de la formación de vesículas en el interior de la predentina, proceso que comprende la primera etapa de la mineralización (19).

- **Distribución de las sales minerales:**

  Por lo general, la mineralización de la dentina circumpulpar es uniforme. La capa granular radicular, así como la dentina situada en la unión amelodentinaria y la dentina del manto, presentan una concentración mineral relativamente baja. Las bandas que muestran variaciones en la mineralización se denominan líneas de crecimiento; también se las conoce como líneas de von Ebner o de Owen. Se observa una densidad mineral considerable en la dentina peritubular, que es el tejido que rodea los túbulos. Es posible que dicha densidad mineral aumente con el tiempo, lo que podría llegar a provocar la obstrucción de los túbulos (17).

- **Distribución de la materia orgánica:**

  La región denominada matriz intertubular es donde más fácilmente se observan las fibras de colágeno. En la dentina del manto, estas fibras están orientadas perpendicularmente a la unión amelodentinaria; en cambio, en la dentina circumpulpar, se disponen paralelamente a la superficie pulpar. Existe la posibilidad de que su orientación sea constante en un plano, pero no en otros (17).

- **Otros contribuyentes orgánicos:**

  En cuanto a la distribución de otras categorías de moléculas, como proteínas, lípidos, polisacáridos y ácido cítrico, la información disponible actualmente es muy limitada. Existe una relación entre la presencia de ácido cítrico y la capa de agua que rodea los cristales de hidroxiapatita. Los mucopolisacáridos forman bandas discontinuas. Es posible que las prolongaciones de los odontoblastos situadas en la raíz sean más pequeñas que las ubicadas en la corona; no obstante, pueden presentar un mayor grado de ramificación (8).

5.3. Aclaramiento Dental

El aclaramiento dental se define como un tratamiento odontológico estético y conservador que busca modificar el color original de los dientes mediante procesos químicos de oxidación. A diferencia de la limpieza dental, que elimina manchas extrínsecas por medios mecánicos, el aclaramiento actúa sobre las pigmentaciones intrínsecas alojadas en la estructura dental interna (20).

Esta técnica se basa en la capacidad de los compuestos químicos para penetrar y distribuirse a través del esmalte y la dentina del diente, entrando así en contacto con las moléculas responsables del color dental (21). En la actualidad, se prefiere el término "aclaramiento" sobre "blanqueamiento", ya que el resultado clínico depende de la saturación y el valor del diente original, no necesariamente logrando un color "blanco" puro (22).

a) Mecanismo químico

El principio fundamental del aclaramiento es la reacción de **óxido-reducción**. Los agentes blanqueadores, principalmente el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), son sustancias de bajo peso molecular que penetran la matriz orgánica del diente (23).

Al entrar en contacto con los tejidos, el peróxido de hidrógeno se descompone en radicales libres altamente reactivos, como el radical hidroxilo (OH^-) y el oxígeno atómico (O^-). Estos radicales atacan los **cromóforos** (moléculas orgánicas complejas de cadena larga que dan color al diente), rompiendo sus dobles enlaces de carbono (24). Al transformarse en cadenas más simples y pequeñas, estas

moléculas reflejan menos luz, lo que se traduce visualmente en una estructura dental más clara y con mayor luminosidad (25).

b) Peróxido de Hidrógeno al 35%

El peróxido de hidrógeno al 35% es el agente de elección para tratamientos realizados exclusivamente en el consultorio odontológico debido a su alta potencia reactiva (23).

- **Concentración y Potencia:** A esta concentración, la liberación de oxígeno es rápida e intensa, permitiendo obtener resultados notables en una sola sesión (22).
- **pH del Gel:** Uno de los aspectos más importantes son las propiedades físicas y químicas, especialmente el pH. Para mantener la estabilidad del producto, muchos geles disponibles en el mercado tienen un pH ácido (entre 3,5 y 5,5). Sin embargo, nuevas investigaciones han demostrado que los geles con pH neutro o alcalino provocan una menor alteración de la microdureza del esmalte y generan una menor sensibilidad en el paciente tras el tratamiento (26).
- **Viscosidad y Tixotropía:** Los geles modernos están diseñados para ser tixotrópicos, lo que permite que el gel se mantenga en la superficie dental sin escurrirse hacia los tejidos blandos, evitando quemaduras químicas en la encía (20).

c) Tipos de Aclaramiento Dental

La clasificación actual divide el tratamiento según la vitalidad del diente y el protocolo clínico empleado (25):

- **Aclaramiento Vital (Dientes con pulpa viva)**
  - **Técnica en el Consultorio:** Utiliza peróxido de hidrógeno en concentraciones altas (30% al 40%). Se caracteriza por el uso de barreras gingivales para protección y tiempos de exposición controlados de 15 a 20 minutos por aplicación (26).

- **Técnica Ambulatoria (En casa):** La persona se aplica el gel (ya sea peróxido de carbamida en concentraciones del 10 % al 22 % o peróxido de hidrógeno en concentraciones del 6 % al 10 %) mediante férulas fabricadas específicamente para ella, realizando siempre el proceso bajo la supervisión de un experto y a lo largo de varias semanas.
- **Técnica Combinada:** Es la asociación de ambas técnicas. Se inicia con una sesión en consultorio para dar un cambio de tono inmediato y se refuerza con la técnica ambulatoria para garantizar la estabilidad del color a largo plazo (21).

- **Aclaramiento No Vital (Dientes con endodoncia)**

  Se realiza de forma interna, colocando el agente blanqueador dentro de la cámara pulpar. Suele emplearse la técnica de "blanqueamiento caminando" (*walking bleach*) o la técnica termo-catalítica para tratar tinciones derivadas de necrosis o materiales endodónticos previos (25).

d) Aclaramiento y Restauraciones Dentales

La aplicación de geles al 35% genera una preocupación clínica respecto a las restauraciones de resina preexistentes. El oxígeno residual liberado durante el proceso de oxidación puede interferir con la polimerización de los sistemas adhesivos si se realizan restauraciones nuevas inmediatamente después del tratamiento (27).

Asimismo, estudios recientes indican que el contacto del peróxido de hidrógeno con las interfaces de las **resinas nanohíbridas** puede alterar la integridad marginal, aumentando el riesgo de microfiltración debido a la degradación de la matriz orgánica del material restaurador o la contracción diferencial durante la exposición al agente químico (27).

e) Whiteness HP Maxx 35%

Se trata de un producto blanqueador diseñado para su uso en el consultorio que contiene un 35 % de peróxido de hidrógeno. Se presenta en frascos que ofrecen un alto rendimiento y permiten una dosificación precisa. Aunque no requiere una fuente de luz externa, puede utilizarse junto con equipos de emisión de luz, tales como lámparas de polimerización, láseres, lámparas de plasma, entre otros.

- **Versatilidad:**
  Presentación en dos fases, peróxido y espesante, que permite que el producto sea manipulado solamente en la cantidad necesaria, como por ejemplo para solamente un diente o toda la arcada, evitando desperdicios.
- **Excelente rendimiento:**
  El kit completo rinde 18 aplicaciones.
- **Bloqueador de calor:**
  Si el profesional opta por utilizar fuentes de luz, el bloqueador de calor minimizará la sensibilidad que puede ser causada por estas fuentes.
- **Indicaciones**
  Para aclaramiento de dientes Vitales y No Vitales exclusivamente en consultorio. Puede ser utilizado con o sin fuentes de energía luminosa de color azul (28).

f) Clariant Angelus Office 35 %

- **Descripción**
  Peróxido de hidrógeno.

- **Indicación**
  Blanqueado dental de uso profesional.

- **Características y Beneficios**
  Aplicación Única. Poco tiempo de tratamiento

- **Fórmula desensibilizante**
  Menor sensibilidad durante el tratamiento

- **No necesita el uso de luz**
  Mayor protección al diente

- **Diseño exclusivo**
  Facilidad de manipulación con apoyos ergonómicos

- **Conexión inteligente**
  Mejor mezcla y eficacia del producto

- **Presentación**
  Ref. 1223 - Reposición - Paquete con 1 juego de jeringas (1,2 g), 1 intermedia y 1 punta aplicadora (29).

5.4. Microfiltración Marginal

a) Conceptos

En el contexto de la odontología, el término “filtración marginal microscópica” se refiere al paso de gérmenes, fluidos, sustancias químicas e iones entre la pared de la cavidad dental y el material de restauración, el cual es clínicamente indetectable (30). La duración del tratamiento y la salud del complejo dentino-pulpar se ven comprometidas a consecuencia de este problema, que constituye una de las deficiencias más importantes de la odontología restauradora contemporánea (31).

A diferencia de la macrofiltración, que es visible al examen clínico, la microfiltración ocurre a escala microscópica en la **interfase diente-restauración**. Se mide generalmente en micrómetros (µm) y es el resultado directo de la ruptura o ausencia de un sellado hermético por parte de los sistemas adhesivos (32).

La microfiltración se define como el paso de bacterias, fluidos, iones o moléculas entre las paredes de la cavidad preparada y el material de restauración, un fenómeno que no se detecta clínicamente. Este paso se produce como consecuencia de un sellado marginal inadecuado. La microfiltración es una de las principales

causas de fracaso de las restauraciones y puede provocar sensibilidad postratamiento, caries recurrente (secundaria), irritación pulpar y decoloración marginal. Otras repercusiones del fracaso de la restauración incluyen la decoloración marginal (33).

Se ha demostrado que no es correcta la idea de que el daño pulpar se debe principalmente a la irritación química provocada por los materiales de restauración o por el ácido utilizado para el grabado. De hecho, es mucho más probable que el daño pulpar sea causado por la filtración bacteriana resultante de un sellado deficiente (34).

La magnitud de la microfiltración se ve afectada por diversas variables, entre ellas las propiedades de los materiales utilizados para la adhesión y la reparación, las características de expansión térmica de dichos materiales, las fuerzas generadas durante la masticación y, lo que es más importante, la contracción que experimentan las resinas al endurecerse (35).

Actualmente, las tecnologías adhesivas permiten gestionar la capa de barrillo dentinario de manera mucho más eficiente. En algunos casos, se emplea el método de «grabado y lavado» para eliminarla por completo, mientras que en otros se utiliza el enfoque de «autograbado» para modificarla. En comparación con los sistemas anteriores, la incidencia de microfiltración se ha reducido drásticamente gracias a estos avances (36).

b) Posibles causas de microfiltración

La pérdida del sellado marginal es un proceso multifactorial. Las causas principales identificadas en la literatura reciente incluyen:

- **Restauraciones mal adaptadas:** Cuando el sellado inicial es insuficiente, los fluidos y los microorganismos pueden infiltrarse en el espacio entre el diente y la restauración. Asimismo, las restauraciones que no ajustan correctamente pueden provocar este problema (37).
- **Preparación de cavidades defectuosa:** La capacidad de lograr un buen sellado puede verse afectada negativamente si la cavidad no se prepara correctamente en cuanto a profundidad o forma, o si los instrumentos utilizados no son los adecuados (37).

- **Fuerzas de masticación:** Con el tiempo, la filtración marginal puede aumentar debido a la presión recurrente de la mordida, lo que somete a tensión la unión y puede deformar la restauración. Este aspecto es especialmente relevante en las restauraciones de resina, dado que la unión entre estas y la dentina o el cemento no es tan fuerte como la que se establece con el esmalte (37).
- **Materiales de obturación temporal:** El contacto con materiales que contienen eugenol (o ciertos componentes de resinas provisionales) puede alterar el proceso de polimerización de las resinas definitivas; esto ocurre, por ejemplo, con los materiales de obturación provisional. Como consecuencia, la superficie puede volverse más abrasiva, la microdureza puede variar y el sellado marginal puede verse comprometido (37).
- **Contracción de Polimerización:** El factor más importante es la contracción que se produce durante la polimerización. Este proceso provoca una pérdida de volumen en las resinas compuestas, generando tensión en la interfase. Cuando dichas fuerzas de tracción superan la resistencia de la unión adhesiva, se produce una separación o brecha (38).
- **Coeficiente de Expansión Térmica Diferencial:** El diente y la resina reaccionan de manera distinta a los cambios de temperatura bucal (por ejemplo, al ingerir alimentos calientes o fríos), ya que el diente es más compacto que la resina. Esta discrepancia genera un efecto de "bombeo" de fluidos en el margen de la restauración (39).
- **Módulo de Elasticidad del Material:** Los materiales con un módulo de elasticidad más bajo tienden a flexionarse más al someterse a las fuerzas de masticación, lo que puede provocar fallos de cohesión o adhesión en el margen (31).

c) Tipos de Microfiltración

Aunque generalmente se habla de microfiltración en un sentido global, la literatura especializada distingue dos patrones según su ubicación:

- **Microfiltración Marginal:** Ocurre en el límite externo de la restauración y es la principal vía de entrada para microorganismos como *Streptococcus mutans* (32).
- **Microfiltración Interna:** Se produce entre las capas del material restaurador o en el piso de la cavidad, a menudo debido a una polimerización incompleta o una técnica de incremento deficiente (39).

d) Microfiltración y Aclaramiento Dental

La interacción entre los agentes aclarantes (como el peróxido de hidrógeno al 35%) y la integridad marginal de las restauraciones es un punto crítico en tu investigación. Los mecanismos por los cuales el aclaramiento induce o agrava la microfiltración son:

- **Degradación de la Matriz Orgánica:** El peróxido de hidrógeno es un agente oxidante potente que puede degradar los componentes poliméricos de la resina nanohíbrida y el adhesivo, aumentando la porosidad superficial y marginal (40).
- **Oxígeno Residual:** Tras el aclaramiento, quedan radicales libres de oxígeno atrapados en la estructura dental. Este oxígeno inhibe la polimerización de los monómeros del adhesivo en restauraciones nuevas o reparaciones, debilitando la unión química y facilitando la filtración (41).
- **Alteración de la Energía de Superficie:** La humectabilidad del esmalte y la dentina se altera como consecuencia del tratamiento químico, lo que repercute en la capacidad de los sistemas adhesivos para sellar eficazmente los márgenes del diente (42).
- **Aumento de la Permeabilidad:** El aclaramiento incrementa temporalmente la permeabilidad del esmalte, lo que, sumado a geles de pH ácido, puede acelerar el deterioro de la interfase preexistente (43).

5.5. Resinas compuestas

a) Conceptos básicos

Desde principios del siglo XX, los profesionales de la odontología han podido restaurar la función y la estética de dientes dañados por caries u otras afecciones mediante el uso de diversos materiales. Gracias a los ensayos clínicos, muchos componentes dentales han evolucionado hacia versiones perfeccionadas o modificadas. En la actualidad, existe una amplia gama de materiales disponibles para realizar restauraciones directas. Los dentistas se enfrentan a diversos desafíos al administrar tratamientos. Los fabricantes emplean estrategias de marketing muy agresivas, lo que plantea una pregunta fundamental: ¿qué sustancia química resulta más eficaz para reparar los daños en poco tiempo?

El dentista tiene la responsabilidad de realizar una evaluación integral de los pacientes, pero también debe buscar soluciones a los problemas clínicos que surgen en la práctica diaria. Los materiales utilizados para restauraciones directas se clasifican en tres grupos principales: resinas compuestas, amalgamas de plata y compuestos a base de ionómeros. Esta clasificación permite organizar y estructurar mejor los productos disponibles en el mercado. Resulta de gran utilidad cuando un especialista determina que la restauración directa es el tratamiento más eficaz, ya que proporciona una comprensión más profunda de las propiedades esenciales de cada material. Por ello, es fundamental que los profesionales posean conocimientos básicos sobre materiales dentales para poder seleccionar y utilizar adecuadamente el material idóneo en cada situación clínica (44).

Para realizar restauraciones eficaces se utilizan resinas compuestas; sin embargo, existen varios factores críticos que deben tenerse en cuenta. Una de sus características más destacadas es su capacidad para imitar la forma y el aspecto de los dientes, así como su comportamiento ante la luz. Se recomiendan los materiales a base de resina para situaciones clínicas que implican pérdida de tejido duro, ya que permiten preservar mejor la salud de las estructuras dentales y la vitalidad pulpar mediante el uso de restauraciones adhesivas directas. El empleo de estos materiales hace posible alcanzar dicho objetivo. Una aplicación correcta, sumada a los cuidados adecuados, garantiza la estabilidad y durabilidad de estas

restauraciones. Asimismo, es fundamental lograr una integración cromática perfecta con el diente natural.

Desde su introducción en el mercado, los adhesivos y las resinas compuestas utilizados en odontología han experimentado un desarrollo espectacular. En sus inicios, estos materiales eran sencillos, estaban disponibles en un único tono y eran de carácter genérico. Hoy en día, existe una amplia gama de opciones para elegir en cuanto a tonalidades, texturas y grados de translucidez (45).

En una amplia variedad de procedimientos dentales, se utilizan habitualmente resinas fabricadas a partir de compuestos sintéticos. Algunos ejemplos de estos productos son las obturaciones de composite, los cementos de resina, los adhesivos de resina y los selladores. En el ámbito de la odontología, los materiales compuestos (composites) se emplean para restaurar o reemplazar dientes perdidos y otras estructuras dentales. El uso de estos materiales permite establecer una unión directa entre la estructura dental y otros materiales de restauración o componentes de resina adicionales. Los pacientes que han perdido la totalidad de sus dientes y requieren reemplazos pueden considerar las prótesis dentales como una opción de tratamiento. La base de la prótesis se apoya en los tejidos blandos que rodean los maxilares superior e inferior, mientras que los dientes protésicos, unidos a dicha base, se mantienen firmemente en su lugar gracias a la propia estructura del aparato. Mediante este método, se restablece la función normal del sistema masticatorio. (46).

Restaurar el tejido dental perdido utilizando el propio material original es una tarea sumamente compleja. Esto se aplica independientemente de si la pérdida de tejido dental fue causada por caries, fracturas, desgaste o decoloración. Esta situación surge debido a que el material restaurador y el tejido dental poseen características notablemente diferentes, especialmente en lo que respecta a sus propiedades estructurales. La razón de ello radica en que un mismo material puede presentar una gran variedad de características. Así, es posible distinguir entre una estructura orgánica, similar a la de ciertos materiales de sellado, y una estructura cerámica (como el esmalte, compuesto principalmente por hidroxiapatita) o una combinación de materiales cerámicos y orgánicos (como la dentina, formada por

hidroxiapatita y colágeno). En general, cabe esperar diferencias entre estos dos tipos de estructuras (33).

En 1960, el Dr. Bowen logró mezclar con éxito un componente orgánico, conocido como BIS-GMA, con un componente inorgánico, el cuarzo. Las resinas compuestas son un ejemplo de este tipo de material. Más allá de un núcleo central, la estructura consta de dos fases: una fase orgánica continua y reactiva, y una fase inorgánica discontinua e inerte. Tras combinar ambos componentes, la estructura se forma mediante la unión de estas dos fases. Además, la presencia de vinilsilano permite que ambas fases se combinen entre sí. Cabe destacar que el diseño original de Bowen no ha experimentado modificaciones sustanciales.

En cuanto al componente orgánico, se han realizado muy pocos cambios a lo largo de los años. Un ejemplo, aplicado durante el proceso de polimerización, es la introducción de moléculas de baja viscosidad (UDMA), diseñadas para limitar la contracción que se produce en el interior del material. Inicialmente, el tamaño de las partículas del componente inorgánico oscilaba entre 20 y 50 micrómetros. Por el contrario, este tamaño se ha reducido hasta alcanzar la escala nanométrica de las cargas utilizadas actualmente (1 nm = 0,001 µm). Este cambio representa la modificación más significativa ocurrida desde los inicios de este procedimiento (47).

Los materiales compuestos se utilizan frecuentemente en odontología para reparar dientes fracturados o mejorar su estética; las resinas dentales son un excelente ejemplo de este tipo de material. Estos materiales ofrecen un enfoque novedoso e innovador para abordar el problema. Su fabricación implica la creación de una estructura única mediante la mezcla de una matriz polimérica orgánica con partículas inorgánicas de refuerzo. El producto ha experimentado diversos avances tecnológicos, tales como la incorporación de propiedades antibacterianas, la capacidad de autoadhesión y la posibilidad de una fabricación personalizada mediante impresión 3D. En comparación con los tratamientos anteriores, las restauraciones actuales ofrecen un aspecto más natural, mayor durabilidad y un mejor rendimiento funcional. Todos estos beneficios son consecuencia directa de la incorporación de dichos avances (48).

b) Clasificación de las resinas:

La técnica más reciente y completa para clasificar las resinas compuestas en el ámbito de la odontología tiene en cuenta la formulación de dichas resinas, el tamaño y el tipo de las partículas de relleno, así como sus propiedades físicas y sus aplicaciones clínicas. La clasificación que se presenta a continuación es exhaustiva y actual, y se basa en investigaciones recientes y en un análisis exhaustivo:

- **Microhíbridas:**
  Estas partículas abarcan un amplio rango de tamaños, desde 0,6 hasta 1 µm, tratándose de partículas micrométricas. Asimismo, existen partículas submicrónicas que miden aproximadamente 0,04 µm. Gracias al excelente equilibrio que ofrecen entre resistencia mecánica y estética, se utilizan en todo el mundo para procedimientos de restauración tanto en dientes anteriores como posteriores. Entre sus propiedades más destacadas se encuentran su excelente capacidad de pulido, su absorción de agua excepcionalmente baja y su reducida contracción por polimerización. Un ejemplo de ello es el Filtek Z350 (49).

- **Nanohíbridas:**
  Al combinarse con partículas de mayor tamaño, las nanopartículas presentes en la mezcla tienen unas dimensiones inferiores a cien nanómetros. Estas permiten mantener un elevado nivel de resistencia mecánica del producto y, al mismo tiempo, mejoran su aspecto al aportarle un brillo y una luminosidad extraordinarios. Asimismo, proporcionan una reducción considerable de la rugosidad superficial y una mayor resistencia al desgaste (49).

- **Microrelleno:**
  La incorporación de partículas diminutas, de un tamaño aproximado de 0,04 µm, permite crear una superficie extremadamente uniforme. Por otra parte, debido a su menor resistencia mecánica, están indicadas para su uso en zonas sometidas únicamente a fuerzas masticatorias moderadas (49).

- **Macro relleno o Convencionales:**

  Estas resinas se caracterizan por estar compuestas de partículas grandes, con tamaños que oscilan entre 10 y 100 µm. Esto contribuye significativamente a la excepcional resistencia que ofrecen. Por otro lado, su pulido puede resultar difícil, lo que a veces deriva en una superficie rugosa. En consecuencia, su uso se limita principalmente a zonas que no quedan a la vista (49).

c) Resinas Nanohíbridas

Las resinas compuestas nanohíbridas representan la evolución tecnológica de los materiales restauradores directos. Surgen de la combinación de la tecnología de microhíbridos con la nanotecnología, buscando equilibrar las propiedades mecánicas de las resinas de partículas grandes con la excelente estética y pulido de las resinas de nanopartículas (50).

Se definen como materiales restauradores que contienen una mezcla de partículas de relleno de diferentes tamaños, que oscilan entre los niveles micrométricos y nanométricos (generalmente de 0.005 a 0.02 µm) para las nanopartículas y de 0.4 a 5 µm para las partículas de vidrio convencionales) (51).

- **Composición Química**

  La eficacia clínica de una resina nanohíbrida depende de la interacción de sus tres componentes fundamentales:

  - **Matriz Orgánica:** Los monómeros de dimetacrilato, como Bis-GMA, UDMA o TEGDMA, suelen ser los componentes que conforman esta sustancia. En las resinas actuales, el objetivo es reducir la cantidad de TEGDMA para limitar la contracción por polimerización y la absorción de agua (52).
  - **Relleno Inorgánico (Fase Dispersa):** Compuesto por partículas de sílice coloidal, vidrio de bario, aluminio o circonio. La alta carga de relleno (70-85% en peso) es lo que confiere la resistencia al desgaste y la dureza al material (53).

- **Agente de Unión (Silano):** Al tratarse de una molécula con dos funciones distintas, es capaz de facilitar la formación de enlaces químicos entre la matriz orgánica hidrófoba y la carga inorgánica, la cual presenta una fuerte afinidad por el agua. Para evitar el deterioro del material en presencia de fluidos, resulta absolutamente necesaria una silanización adecuada (52).

- **Propiedades Físico-Mecánicas**

  Las resinas nanohíbridas destacan por propiedades que las hacen ideales para sectores tanto anteriores como posteriores:

  - **Resistencia a la Compresión y Tracción:** Debido a la alta densidad de empaquetamiento de sus partículas, soportan eficazmente las cargas masticatorias (53).
  - **Estética y Pulido:** Como resultado de la incorporación de nanopartículas, es posible lograr un mejor brillo superficial y una menor rugosidad, lo que a su vez reduce la acumulación de placa bacteriana y manchas (54).
  - **Baja Contracción de Polimerización:** Al optimizar la carga de relleno, se reduce la cantidad de matriz orgánica, disminuyendo las tensiones en la interfase diente-restauración (51).

- **Comportamiento frente al Ataque Ácido**

  Existe una cadena de procesos físicos y químicos que puede activarse cuando las resinas nanohíbridas se exponen a sustancias químicas como el peróxido de hidrógeno al 35 %. Estas reacciones tienen el potencial de alterar el proceso de reparación.

  El peróxido de hidrógeno es un agente oxidante muy eficaz, capaz de penetrar en la matriz polimérica y romper los enlaces que unen las cadenas de carbono entre sí. Como consecuencia, se debilita la unión entre el silano y la carga inorgánica, lo que provoca el desprendimiento de las partículas (55).

La acción química erosiona la matriz orgánica blanda, exponiendo las partículas de relleno más duras. Esto genera una superficie más rugosa que favorece la retención de pigmentos y aumenta la microfiltración en los márgenes (56).

Estudios demuestran que el aclaramiento dental de alta concentración reduce significativamente la dureza superficial de las resinas nanohíbridas, haciéndolas más susceptibles al desgaste abrasivo (57).

Si se realiza una reparación o una nueva restauración inmediatamente después del aclaramiento, el oxígeno residual presente en los poros de la resina preexistente impide una polimerización adecuada del nuevo adhesivo, creando una interfase débil (58).

5.6. Antecedentes investigativos

a. Internacionales:

- **"Ventajas y desventajas del aclaramiento dental entre peróxido de hidrógeno 35% de consultorio y peróxido de carbamida 10% de uso doméstico. Revisión de la literatura". Ecuador. 2023.**
  Autor: Tacuri Chungata JX y cols**.**

  La decoloración dental puede deberse a causas extrínsecas, trastornos intrínsecos o una combinación de ambos factores. La causa, la localización y la gravedad de la decoloración pueden variar. En consecuencia, el blanqueamiento dental se ha convertido en uno de los procedimientos odontológicos más solicitados; cada vez más personas desean mejorar la estética de su sonrisa, a veces sin considerar las posibles implicaciones. Esta tendencia se ve impulsada por la disponibilidad de productos de consumo que pueden adquirirse sin supervisión profesional, así como por la publicidad constante en los medios de comunicación. Por ello, el objetivo de esta investigación es evaluar las ventajas y desventajas del blanqueamiento en consultorio con peróxido de hidrógeno (PH) al 35 % (Ultradent) frente al blanqueamiento domiciliario con peróxido de

carbamida (PC) al 10 % (Ultradent), con el fin de proteger la salud del paciente y minimizar la probabilidad de efectos adversos. La búsqueda bibliográfica abarcó el periodo comprendido entre 2002 y 2020 y se realizó a través de Google Scholar y bases de datos como PubMed, SciELO, Medigraphic y ScienceDirect. Para la búsqueda se utilizaron términos clave como "peróxido de hidrógeno", "peróxido de carbamida", "blanqueamiento" (o “whitening”/”lightening”) y "pH", junto con sus equivalentes en inglés. Se identificaron un total de 254 artículos, de los cuales solo cincuenta fueron seleccionados para un análisis más detallado debido a su relevancia para el tema. Tras realizar la investigación, los autores concluyeron que los tratamientos dentales con PH al 35 % y PC al 10 % son fiables cuando se utilizan siguiendo las instrucciones del fabricante (59).

- **“Estudio comparativo in vitro de dos agentes blanqueadores de distinta concentración sobre la micromorfología del esmalte bovino”. Chile 2013**
  Autor: Natalia Loyola Araneda.

  Introducción: Se han desarrollado diversos tratamientos de blanqueamiento en respuesta al creciente interés de los pacientes por la apariencia y el tono de sus dientes. Sin embargo, no se han realizado estudios suficientes para investigar a fondo las posibles consecuencias perjudiciales de estos productos. La explicación más común para las alteraciones del esmalte es que son provocadas por la presencia de altas concentraciones de agentes químicos blanqueadores. El objetivo de esta investigación es analizar esta cuestión comparando los cambios superficiales producidos por dos agentes blanqueadores distintos con concentraciones diferentes.

  Materiales y métodos: Se llevó a cabo un estudio comparativo *in vitro*. Debido a las similitudes morfológicas e histológicas entre los dientes humanos y los incisivos bovinos, se optó por utilizar estos últimos. Se seleccionaron cincuenta incisivos bovinos sanos, provenientes de animales de entre tres y cuatro años de edad, los cuales fueron desinfectados y limpiados externamente. Antes de iniciar el experimento, se seccionaron las raíces a la altura de la unión amelocementaria.

Para el análisis, la superficie vestibular de cada diente se dividió en dos zonas distintas. Se seleccionaron los siguientes agentes blanqueadores para el estudio, aplicándose aleatoriamente en una de las zonas: peróxido de hidrógeno al 15 % con nanopartículas de dióxido de titanio y nitrógeno (Grupo Experimental 1) o peróxido de hidrógeno al 35 % (Grupo Experimental 2); ambos fueron activados mediante un diodo emisor de luz (LED) siguiendo las instrucciones de los fabricantes. La otra mitad se aisló con resina acrílica y no se sometió a ningún tratamiento (Grupo Control). El análisis fue cualitativo y descriptivo, basándose en la observación de fotomicrografías obtenidas mediante microscopía electrónica de barrido a aumentos de 5.000x y 10.000x.

Resultados: Los cambios observados se debieron a la profundización de fracturas superficiales preexistentes en los incisivos bovinos sanos, siendo estas alteraciones más severas en el Grupo Experimental 2 que en los otros grupos. Se identificaron anomalías leves en la ultraestructura superficial del esmalte en las muestras tratadas con los agentes blanqueadores.

En conclusión, el uso de una solución de peróxido de hidrógeno al 15 % para el blanqueamiento produce una menor alteración en la superficie del esmalte de dientes bovinos que el uso de una solución de peróxido de hidrógeno al 35 % (60).

b. Nacionales:

- **"Microdureza de la superficie del esmalte sometido al clareamiento dental externo con peróxido de hidrógeno al 35% estudio in vitro". Lima 2009.**
  Autor: Carlos Alberto Colquehuanca Achulli.

  En esta investigación se evaluó la microdureza de la capa externa del esmalte tras su exposición a un gel con peróxido de hidrógeno al 35 %. El estudio se llevó a cabo como una investigación experimental utilizando una muestra no probabilística intencional compuesta por quince dientes permanentes que cumplían con los criterios de inclusión. Tras preparar los dientes para la prueba de microdureza Vickers (VHN) conforme a la norma NOM-162 SSAI-2000, se

asignaron aleatoriamente a distintos grupos. El grupo de control recibió una solución salina al 0,9 %, mientras que el grupo experimental recibió una solución de peróxido de hidrógeno al 35 % y se mantuvo a 37 °C en saliva artificial. Finalizado el proceso de blanqueamiento dental, se midió la microdureza superficial en tres momentos: antes del procedimiento, inmediatamente después del mismo y catorce días más tarde. Los resultados del análisis, realizado mediante la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para dos grupos independientes, revelaron una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,007$) entre el grupo de control y el experimental inmediatamente después de la aplicación de los agentes. Asimismo, se observaron cambios adicionales estadísticamente significativos ($p = 0,003$) entre ambos grupos catorce días después de la aplicación de las sustancias (61).

- **"Capacidad de sellado marginal y comportamiento del color frente a dos agentes blanqueadores de tres materiales bioactivos a base de silicato de calcio, estudio in vitro". Tacna. 2022.**
  Autor: ARANA CHÁVEZ, Victor Omar Humberto

  El objetivo de este estudio es determinar y evaluar qué material bioactivo a base de silicato de calcio ofrece un mejor sellado marginal, así como analizar su comportamiento cromático.

  En cuanto a los materiales y métodos: para esta investigación se empleó un diseño experimental, prospectivo, analítico y longitudinal. Durante la fase experimental se realizaron dos pruebas distintas. Para la prueba de microfiltración se utilizaron treinta premolares (maxilares y mandibulares), divididos en tres grupos de estudio (Grupos 1, 2 y 3) de diez muestras cada uno. Tras realizar la profilaxis, se prepararon cavidades de 4 x 4 milímetros, se eliminó el tejido de la cámara pulpar y se colocaron las restauraciones en el siguiente orden: Grupo 1 con Biodentine (tiempo de fraguado de 12 minutos), Grupo 2 con MTA Angelus (tiempo de fraguado de 24 minutos) y Grupo 3 con TheraCal LC (fotopolimerización por capas de 1 milímetro). Tras dos semanas de inmersión en azul de metileno al 4%, las muestras se examinaron mediante un estereomicroscopio para determinar el grado de microfiltración. Asimismo,

se utilizaron los tres materiales objeto de estudio para elaborar doce muestras cilíndricas de 3 milímetros de altura y 10 milímetros de diámetro. El color de estas muestras se evaluó con un espectrofotómetro antes y después de someterlas a la acción de dos agentes blanqueadores durante un periodo de dos semanas.

Resultados: En cuanto al grado de microfiltración según la escala de Lee, se observó que la capacidad de sellado marginal del Grupo 3 fue muy superior a la de los Grupos 1 y 2. Los resultados mostraron que los valores medios de microfiltración fueron de 1,11 mm para el Grupo 1 y de 0,65 mm para el Grupo 2, mientras que el Grupo 3 presentó un valor de 2,61 mm. El material del Grupo 1 mostró el mayor nivel de estabilidad cromática ($\Delta E = 1,99$) al ser sometido a la acción del peróxido de carbamida. Por otro lado, el Grupo 3 mostró un mayor nivel de estabilidad del color ($\Delta E = 6,445$) al exponerse al peróxido de hidrógeno.

La conclusión es que: en cuanto al rendimiento del sellado marginal, el MTA resultó ser superior, pero Biodentine y Theracal demostraron una mejor estabilidad del color (62).

c. Locales:

- **"Efecto in vitro de los geles de peróxido de hidrogeno al 35% y del peróxido de carbamida al 16% en la microdureza superficial en bloques de resinas compuesta herculite preciss A2". Arequipa. 2015.**
  Autor: Helen Johana Ardiles Zeballos

  El objetivo principal de esta investigación, realizada en el laboratorio de la Universidad Nacional de San Agustín, es determinar, en condiciones de laboratorio, el impacto de geles con peróxido de hidrógeno al 35 % y peróxido de carbamida al 16 % sobre la dureza superficial de bloques de resina compuesta Herculite Precise A2. Esta investigación de laboratorio, de carácter no experimental, prospectivo y longitudinal, busca explicar el fenómeno objeto de estudio.

Para la obtención de la muestra, se fabricaron bloques cilíndricos de resina compuesta Herculite Precise A2, con un diámetro de 6 milímetros y una altura de 2 milímetros. Se conformaron tres grupos de 17 muestras cada uno, totalizando 51 muestras. En el grupo clasificado como "grupo control", se utilizó un durómetro Indentec para evaluar únicamente la dureza superficial de las muestras. El segundo grupo, denominado "Peróxido de hidrógeno al 35 %", fue sometido a una medición inicial de dureza, seguida de un blanqueamiento clínico con peróxido de hidrógeno al 35 %. Este procedimiento consistió en tres sesiones de blanqueamiento separadas por intervalos de siete días, con tres aplicaciones del agente blanqueador de veinte minutos de duración cada una; esto resultó en un total de nueve aplicaciones a lo largo del experimento y un tiempo de exposición acumulado de tres horas. Finalmente, se realizó una medición de dureza posterior al tratamiento. En cuanto al tercer grupo, denominado "Peróxido de carbamida al 16 %", el gel se aplicó sobre la superficie de las muestras durante cuatro horas diarias, alternando con periodos de almacenamiento en suero de veinte horas de duración. Durante la fase de almacenamiento, las muestras se mantuvieron en una estufa a 37 grados Celsius y con la misma humedad relativa que los otros dos grupos. Una vez finalizado el proceso de blanqueamiento, se obtuvieron las mediciones de dureza relativa.

Para determinar si la variación era significativa, se utilizó la prueba t de Student. Según los resultados, no existen variaciones estadísticamente significativas en la dureza superficial de las resinas pertenecientes al grupo de peróxido de hidrógeno al 35 % y las del grupo de peróxido de carbamida al 16 %. En otras palabras, ambos grupos tienen el mismo efecto sobre la dureza superficial de los bloques de resina (63).

6. HIPÓTESIS

Dado que la técnica de aclaramiento con peróxido de hidrógeno al 35 % conlleva un proceso de alta oxidación y liberación de oxígeno sobre las superficies dentales,

Es probable que la filtración marginal en cavidades clase V, posterior a un tratamiento de clareamiento, se vea comprometida en algún grado o nivel.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1. DISEÑO METODOLÓGICO

1.1. Técnica de investigación

En este estudio se empleó un diseño experimental, prospectivo y transversal, recurriéndose a un enfoque experimental-observacional para llevar a cabo la investigación en un entorno controlado. Mediante este método, el investigador puede manipular deliberadamente la variable independiente —en este caso, la marca o composición de los dos geles que contienen peróxido de hidrógeno al 35 %— con el fin de observar, medir e investigar sistemáticamente el efecto que esta ejerce sobre la variable dependiente: el nivel de filtración marginal en la interfase con la resina nanohíbrida.

2. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.1. Selección de muestras

Se seleccionaron treinta y seis premolares sin caries y se colocaron en una solución salina. El líquido se cambió cada veinticuatro horas hasta el inicio del experimento, con el fin de evitar que los dientes se deshidrataran. Se utilizó una cureta para eliminar cualquier resto de tejido blando presente antes de este tratamiento.

2.2. Criterios para los grupos

a. Criterios de inclusión

Se utilizan para el estudio piezas dentarias premolares que cumplieron con una integridad estructural óptima, categorizadas como "sanas" al no presentar patologías de origen infeccioso o traumático. Fue indispensable que las piezas fueran de extracción reciente (frescas), obtenidas exclusivamente por motivos de tratamiento ortodóntico para asegurar tejidos jóvenes y estables.

Inmediatamente después del proceso de extracción, las muestras se colocaron en una solución salina fisiológica que contenía cloruro de sodio al 0,9 %. Esto se

realizó para garantizar que los tejidos duros permanecieran hidratados y para evitar la degradación de la matriz de colágeno. Asimismo, era necesario renovar dicha solución de almacenamiento cada veinticuatro horas; se trataba de un requisito preestablecido.

b. Criterios de exclusión

- Premolares con presencia de lesiones cariosas, fracturas coronales, fisuras en el esmalte o que contaran con cualquier tipo de restauración previa (directa o indirecta).
- Piezas que no fueron sumergidas en suero fisiológico de manera inmediata o aquellas cuyo protocolo de conservación fuera desconocido o irregular.
- Premolares que exhibieran variaciones anatómicas atípicas, displasias de esmalte o alteraciones de forma evidentes que pudieran dificultar la estandarización de las cavidades experimentales y el posterior análisis de la microfiltración.

3. TABLA DE VARIABLES

TABLA 1 Variables investigativas

VARIABLE	INDICADORES	SUBINDICADORES	ITEMS
INDEPENDIENTE: Aclaradores dentales	Whiteness hp Maxx 35%		
	Clariant Angelus Office 35 %		
DEPENDIENTE: Microfiltración marginal	Grados de microfiltración	El colorante no logra penetrar en absoluto	Grado 0
		El colorante penetra hasta la mitad del grosor de la pared del esmalte	Grado 1
		El colorante atraviesa todo el esmalte	Grado 2
		El colorante llega hasta la mitad de la dentina	Grado 3
		El colorante se extiende por toda la dentina	Grado 4
		El colorante alcanza el fondo de la cavidad o la pared axial	Grado 5

4. TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS

4.1. Preparación de muestras y aplicación de material

Los 36 dientes, también denominados premolares, se dividen en tres grupos (A, B y C) una vez que han sido procesados y preparados. El grupo A actúa como grupo de control; en este no se aplicó gel blanqueador. En los dientes de cada uno de los tres grupos se realizó una cavidad de clase V, también conocida como cavidad cervical. Siete días después de la aplicación del gel blanqueador, se preparó la cavidad en los

grupos B y C. En cuanto a sus dimensiones, la cavidad mide 2 milímetros de ancho, 3 milímetros de largo y 3 milímetros de profundidad.

- **Grupo A**: Los premolares de este grupo, que suman doce en total, no recibieron ningún tratamiento con gel blanqueador. Tras haber sido conservados en solución salina fisiológica durante un periodo de siete días, se preparó una cavidad de Clase V en cada uno de ellos y, posteriormente, se llevaron a cabo las restauraciones siguiendo los requisitos que se detallan más adelante en la sección de metodología.

- **Grupo B**: Consta de 12 premolares donde se aplicó el gel aclarador Whiteness HP Maxx 35% de acuerdo a la siguiente metodología: Se realizó una profilaxis con escobillas sobre la superficie de los dientes. Se procedió a lavar y secar las piezas dentales. Usando la bandeja que viene en el kit, se mezcla el peróxido (fase 1) con el espesante (fase 2); el fabricante recomienda una proporción de 3 a 1, en este caso, 18 gotas de peróxido con 6 gotas de espesante. Se procedió a aplicar la mezcla de gel sobre la superficie de los dientes, en capas lo más delgadas posibles, y se aplicó una luz LED de acuerdo a lo que aconseja el fabricante. Se dejó el gel durante 15 minutos; se lava y seca y se vuelve a aplicar hasta 2 veces más repitiendo los pasos. Al final se lava abundantemente y se seca, se colocan los dientes en suero fisiológico durante 7 días, en donde se realiza las cavidades y restauración de acuerdo a la técnica detallada más adelante.

- **Grupo C**: Consta de 12 premolares donde se aplicó el gel aclarador Clariant Angelus Office 35 % de acuerdo al siguiente método: se realizó la profilaxis con escobillas. Luego se mezcla las dos jeringas que vienen en el kit como se indica en las instrucciones del fabricante. Se aplica sobre la superficie de los dientes una capa delgada, dejando durante 45 minutos sobre la superficie de los dientes, controlando que no se formen burbujas. Luego se retira y se lava y seca abundantemente. Se colocan los dientes en suero fisiológico, esperando 7 días para realizar las cavidades y las restauraciones según la técnica que se describe a continuación.

4.1.1 Técnica de Restauración:

Durante este procedimiento, se aplica un gel que contiene ácido ortofosfórico al 37 % (Kerr) en las cavidades de los tres grupos experimentales durante treinta segundos. Esto se realiza una vez preparadas las cavidades de Clase V. Es importante evitar el contacto con la dentina al aplicar el ácido sobre todo el margen cavosuperficial del esmalte. A continuación, se lava la cavidad con un chorro de agua y aire proveniente de una jeringa triple durante sesenta segundos, tras lo cual se seca con aire. Posteriormente, se aplica una capa fina de un adhesivo universal de séptima generación mediante un microaplicador tipo Cavibrush. El exceso de material se elimina con un chorro de aire suave y el adhesivo se fotopolimeriza con una lámpara LED durante el tiempo indicado por el fabricante, que suele ser de aproximadamente veinte segundos. Después, se aplica la resina mediante la técnica de estratificación incremental, con incrementos de entre uno y un milímetro y medio de espesor. Cada capa se adapta utilizando las espátulas adecuadas y se fotopolimeriza (durante cuarenta segundos, o durante el tiempo que especifique el fabricante). Este proceso se repite hasta completar la restauración. Una vez finalizada, todas las muestras se sumergen en solución salina fisiológica durante veinticuatro horas, tras lo cual se procede al pulido de las restauraciones siguiendo las instrucciones del fabricante. Este paso permite la expansión higroscópica, proceso que consiste en la absorción de agua.

4.1.2 Protocolo de Envejecimiento Artificial (Termociclaje)

Para asegurar que la evaluación de la microfiltración se limite exclusivamente a la interfase diente-restauración, se procedió al sellado hermético de los ápices radiculares utilizando resina acrílica de autopolimerización (curado rápido). Posteriormente, se aplicaron dos capas de barniz cosmético transparente sobre la superficie radicular y coronaria, respetando un margen de 1 mm alrededor de la restauración. Este aislamiento busca impermeabilizar las áreas no involucradas en el estudio, evitando filtraciones accesorias a través de túbulos dentinarios o forámenes apicales.

El proceso de termociclaje se ejecutó para simular el envejecimiento acelerado y la fatiga térmica que sufren los materiales en el entorno oral. Las muestras fueron sometidas a un total de 500 ciclos de inmersión en agua, siguiendo una secuencia estandarizada de cambios térmicos:

- Inmersión en baño de agua fría a **5 °C (± 5 °C)** durante un tiempo de permanencia de **20 segundos**.
- Inmersión en baño de agua caliente a **55 °C (± 5 °C)** durante un tiempo de permanencia de **20 segundos**.

4.1.3 Inmersión en Agente Trazador

Tras finalizar los ciclos de temperatura, las muestras de ensayo extraídas de cada uno de los grupos experimentales se introdujeron en frascos de vidrio que contenían una solución de azul de metileno al 2 %. Las muestras se mantuvieron totalmente sumergidas a temperatura ambiente durante veinticuatro horas, lo que permitió que el colorante penetrara en cualquier espacio o fisura diminuta presente en el interior de la unión. Transcurrido este tiempo, se eliminó el exceso de colorante lavando minuciosamente las muestras con agua del grifo y limpiando sus superficies exteriores con acetona. Con ello se pretendía garantizar que no quedara ninguna mancha superficial que pudiera interferir en el examen posterior.

4.1.4 Seccionamiento de las Muestras

Fue necesario seccionar las muestras longitudinalmente en dirección labiopalatina (o labiolingual) para determinar el grado de penetración del colorante en el interior de las mismas. Para ello, se utilizó un micromotor provisto de un disco de acero de doble cara. Durante todo el procedimiento, se mantuvo una refrigeración constante con el fin de evitar el sobrecalentamiento de los tejidos y garantizar que la resina no sufriera alteración alguna. Mediante este proceso, se obtuvieron dos mitades de cada premolar, lo que dio lugar a superficies lisas y bien definidas, idóneas para el análisis mediante observación.

4.1.5 Análisis por Estereomicroscopía

Para investigar los efectos de pequeñas filtraciones, se utilizó un estereomicroscopio conectado a un ordenador, con un aumento de 32x. Gracias a este nivel de aumento, fue posible evaluar con precisión hasta qué punto el azul de metileno había penetrado a lo largo de la zona de contacto. El nivel de filtración se midió y registró siguiendo una escala cualitativa establecida previamente.

4.2. Instrumentos

a) Ficha de observación y recolección de datos

b) Instrumental:

- Estereomicroscopio
- Equipo para ciclaje térmico
- Piedras diamantadas
- Frascos de vidrio
- Jeringa triple
- Lámpara de luz halógena
- Pieza de mano de alta velocidad
- Cámara fotográfica
- Computadora
- Impresora
- Calibrador

c) Materiales:

- Gel aclarador Whiteness hp Maxx 35%
- Gel aclarador Clariant Angelus Office 35 %
- Resina de fotocurado
- Ácido ortofosfórico al 37 %
- Agente adhesivo universal
- Colorante azul de metileno al 2 %
- 36 premolares
- Suero fisiológico

5. PLAN DE ANÁLISIS

TABLA 2 Análisis estadístico

Variable	Tipo	Escala de Medición	Medidas Estadísticas	Pruebas estadísticas
Microfiltración Marginal	Cualitativa	Ordinal	Media aritmética, Rango promedio	Kruskal Wallis U de Mann Whitney

6. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Los aspectos éticos considerados en este trabajo de investigación incluyeron la preservación de la integridad científica del estudio, el uso responsable de los recursos y la descripción detallada de la metodología. Cabe destacar elementos como el respeto a la integridad científica, la claridad en la presentación de los datos y la honestidad intelectual en la interpretación de los hallazgos, a pesar de que la investigación no involucra a participantes humanos ni animales.

Para garantizar el cumplimiento de los métodos de control de calidad durante todo el experimento, el estudio se llevó a cabo bajo la estricta supervisión de profesionales expertos y académicos. Esta supervisión asegura que los procedimientos, que incluyen la aplicación de soluciones blanqueadoras, la preparación de cavidades y la realización de restauraciones con resina nanohíbrida, se ajusten a los estándares recomendados tanto por los fabricantes como por la literatura científica más reciente.

En conclusión, el proyecto de investigación está sujeto a la aprobación de un comité de ética institucional, en caso de ser necesario. Asimismo, la investigación se realizó conforme a las normas éticas de investigación y no causó daño alguno a personas ni a animales.

7. RECURSOS

7.1. Recursos Humanos

- Investigador: Alisson Graciela Barrios Aranda
- Asesor: Dr. Pedro Pablo Gallegos Misad

7.2. Recursos económicos

Toda la investigación y los gastos que se necesitaron fueron afrontados en su totalidad por la investigadora principal para evitar conflicto de intereses.

7.3. Recursos institucionales

Laboratorios institucionales de la Universidad Católica de Santa María

8. CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	OCT 2025	NOV 2025	DIC 2025	AGO 2026	SET 2026	OCT 2026
Revisión bibliográfica final y antecedentes	S1-S2					
Presentación del Plan de Tesis	S3-S4					
Redacción de Marco Teórico y Antecedentes	S1-S4	S1-S2				
Recolección y selección de muestra (Premolares)		S3-S4				
Preparación cavitaria y estandarización		S4	S1			
Aplicación de geles aclarantes (35%)			S1-S2			
Restauraciones con resina nanohíbrida			S3-S4			
Protocolo de Termociclaje (500 ciclos)				S1-S2		
Inmersión en azul de metileno (24h) y cortes				S3		
Observación en estereomicroscopio (32x)				S4	S1	
Tabulación de datos y análisis estadístico					S2-S3	
Elaboración de tablas, gráficos y resultados					S3-S4	
Redacción de Discusión y Conclusiones					S4	S1-S2
Presentación de borrador y levantamiento de observaciones						S3

S = Semana

CAPÍTULO III

RESULTADOS

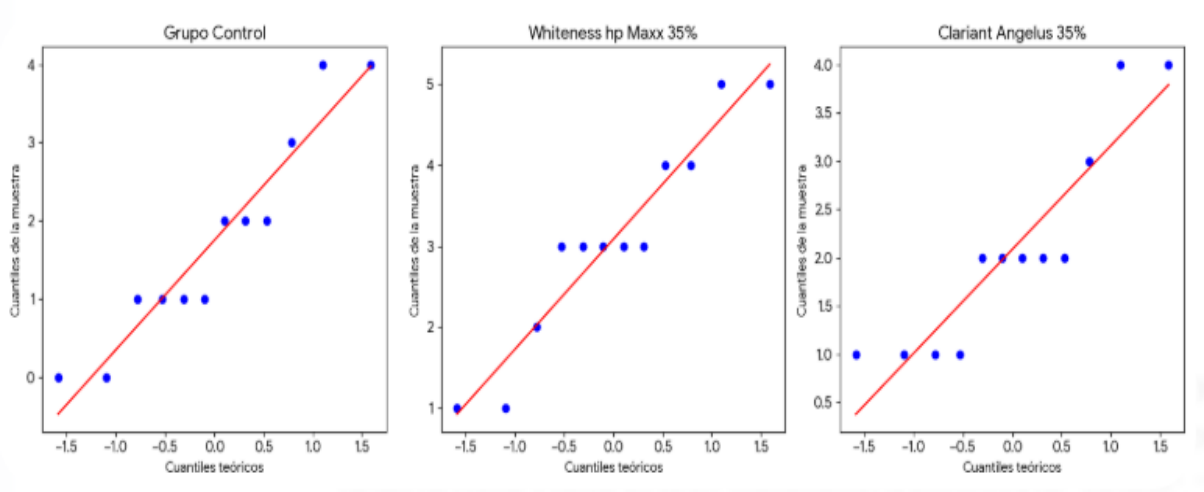
TABLA 3 Prueba de Normalidad

MICROFILTRACIÓN MARGINAL	**SHAPIRO – WILK**		**Muestras**
Grupos de Estudio	**Valor (W)**	**P**	**n**
Grupo Control	0.901	0.162	12
Whiteness hp Maxx 35%	0.910	0.211	12
Clariant Angelus Office 35%	0.827	**0.019**	12

* Matriz de datos

Tanto el grupo control (P = 0,162) como el grupo Whiteness HP Maxx (P = 0,210) presentan valores P superiores al umbral crítico de 0,05, lo que indica que siguen una distribución normal. Por otro lado, el grupo Clariant Angelus 35 % presenta un valor P de 0,019, lo que indica que no sigue una distribución normal. Dado que al menos uno de los grupos no cumple con el supuesto de normalidad y considerando que la variable "grado de microfiltración" es de naturaleza ordinal, se ha determinado que el uso de pruebas no paramétricas, concretamente las pruebas de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney, constituye la metodología estadísticamente adecuada y necesaria para garantizar la validez científica de la investigación.

FIGURA 1 Prueba de Normalidad



Estos gráficos sirven para visualizar la normalidad: cuanto más se alinean los puntos con la diagonal roja, más normal es la muestra. Se observa que en el tercer gráfico (Clariant Angelus), los puntos se alejan más de la línea, lo que confirma visualmente que no sigue una distribución normal.

TABLA 4 Grado de Microfiltración. Grupo Control

GRADO DE FILTRACIÓN	N° de Muestras	%
Grado 0	2	16.7
Grado 1	4	33.3
Grado 2	3	25.0
Grado 3	1	8.3
Grado 4	2	16.7
Grado 5	0	0.0
Total	**12**	**100.0**

* Matriz de datos

En el grupo control, se observa que la mayor concentración de las muestras se sitúa en niveles bajos de microfiltración, donde el Grado 1 y Grado 2 representan conjuntamente el 58.3% del total, evidenciando que, en condiciones normales sin exposición a agentes aclarantes, la resina nanohíbrida mantiene un sellado marginal aceptable en la mayoría de las unidades.

FIGURA 2 Grado de Microfiltración. Grupo Control

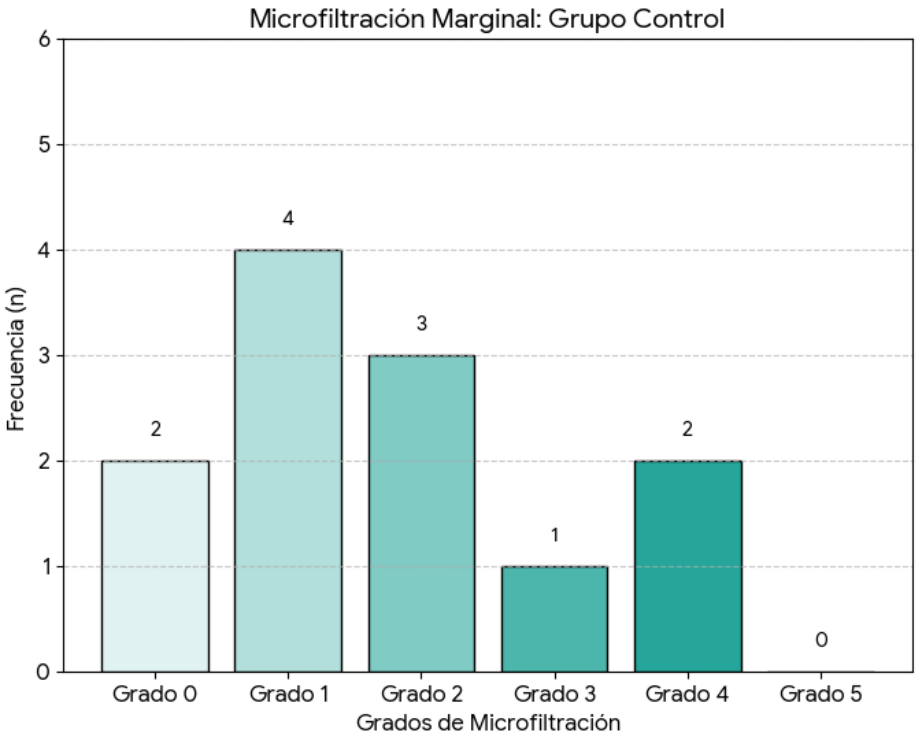


TABLA 5 Grado de Microfiltración. Whiteness HP Maxx 35%

GRADO DE FILTRACIÓN	N° de Muestra	%
Grado 0	0	0.0
Grado 1	2	16.7
Grado 2	1	8.3
Grado 3	5	41.7
Grado 4	2	16.7
Grado 5	2	16.7
Total	**12**	**100.0**

* Matriz de datos

Tras la aplicación del gel Whiteness hp Maxx 35%, se identifica un incremento notable en la microfiltración, destacando que el 41.7% de las muestras alcanzaron el Grado 3 y un 33.4% se distribuyó en los niveles más críticos (Grados 4 y 5), lo que sugiere que este agente aclarante ejerce un impacto considerable en la integridad de la interfase diente-restauración.

FIGURA 3 Grado de Microfiltración. Whiteness HP Maxx 35%

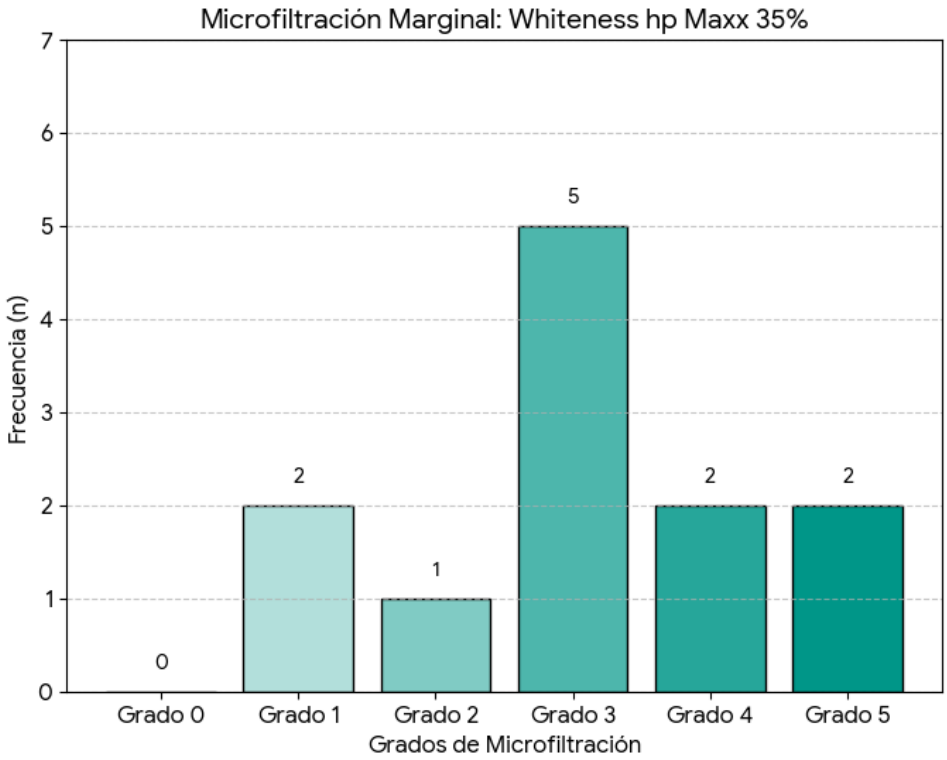


TABLA 6 Grado de Microfiltración. Clariant Angelus Office 35 %

GRADO DE FILTRACIÓN	N° de Muestras	%
Grado 0	0	0.0
Grado 1	4	33.3
Grado 2	5	41.7
Grado 3	1	8.3
Grado 4	2	16.7
Grado 5	0	0.0
Total	**12**	**100.0**

* Matriz de datos

En el grupo tratado con Clariant Angelus Office 35%, los resultados muestran una tendencia hacia grados moderados de filtración, con un predominio del Grado 2 (41.7%) y Grado 1 (33.3%); aunque existe presencia de microfiltración, el 75% de las muestras se mantienen en niveles bajos-medios, mostrando un comportamiento de sellado marginal ligeramente superior en comparación con el otro grupo experimental.

FIGURA 4 Grado de Microfiltración. Clariant Angelus Office 35 %

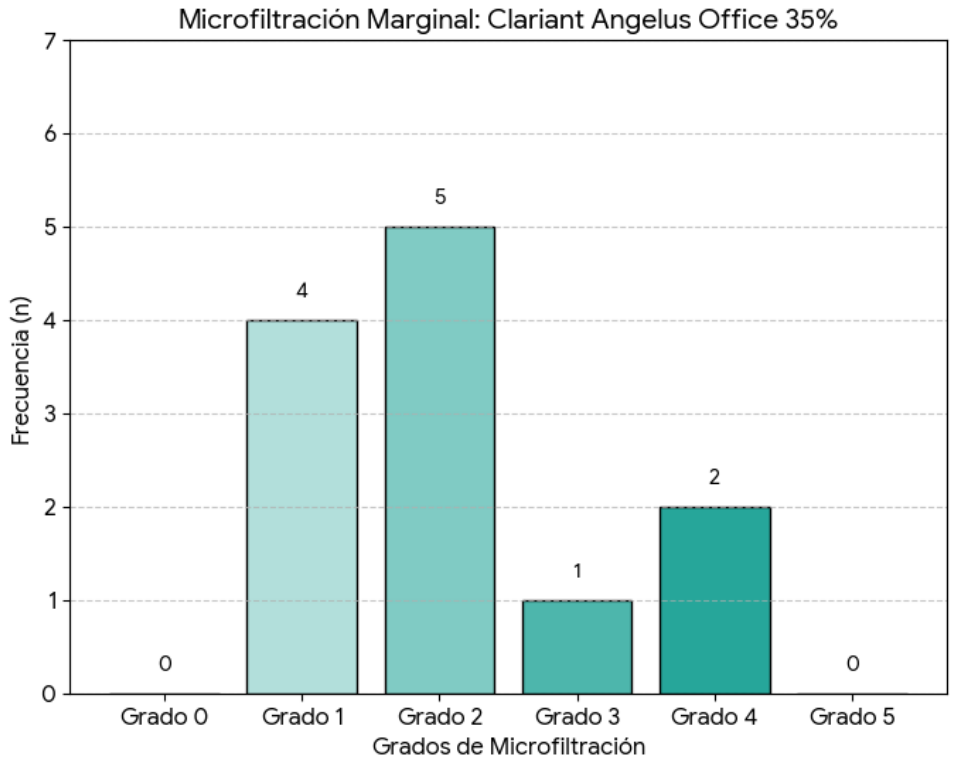


TABLA 7 Comparación de los niveles de microfiltración marginal según el grupo

GRUPOS DE ESTUDIO	n	RANGO PROMEDIO	H (Kruskal-Wallis)	gl	p-valor
Grupo Control (Sin gel)	12	14.33			
Whiteness HP Maxx 35%	12	24.25	**6.015**	**2**	**0.049**
Clariant Angelus 35%	12	16.92			
Total	**36**				

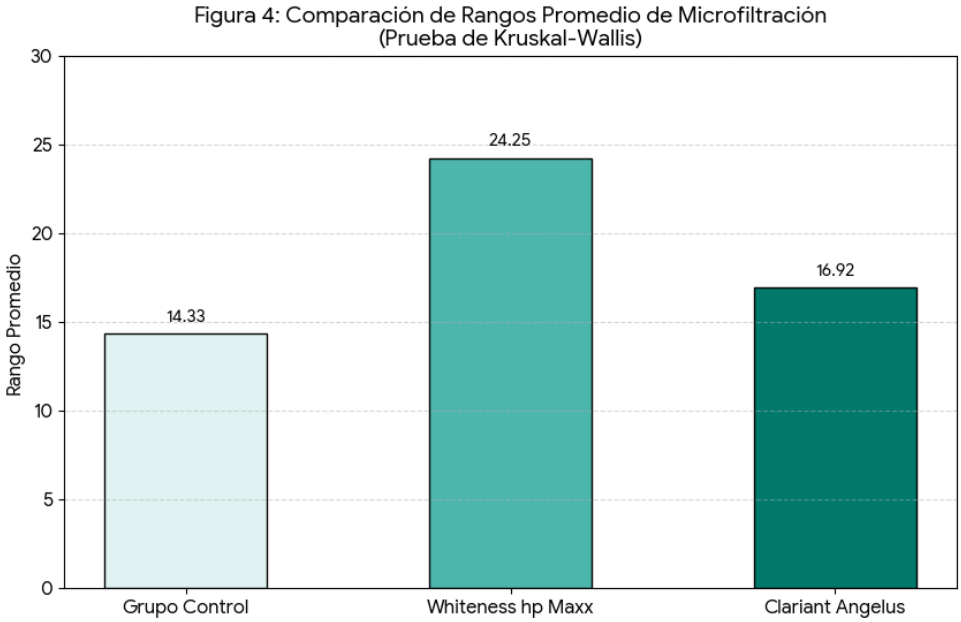
* Matriz de datos

H = 6.015 (H > 5.99) S.S.

P = 0.049 (P < 0.05) S.S.

Estos son los resultados del análisis comparativo general, los cuales se presentan en esta tabla. El grupo tratado con Whiteness HP Maxx al 35 % presenta el rango promedio más elevado, con un valor de 24,25. Esto indica claramente que dicho grupo registra los mayores niveles de microfiltración. Se puede observar que este grupo posee el rango promedio más alto. La prueba de Kruskal-Wallis arrojó un valor p de 0,049 y un valor H de 6,015; ambos resultados son significativos. Dado que este valor se sitúa por debajo del nivel de significación del 5 % ($p < 0,05$), cabe concluir que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos analizados. Esto respalda la idea de que el uso de peróxido de hidrógeno al 35 % ejerce un efecto específico sobre el sellado marginal de las resinas nanohíbridas, y que dicho efecto varía en función de la marca utilizada.

FIGURA 5 Comparación de los niveles de microfiltración marginal según el grupo



Este gráfico de barras muestra el Rango Promedio de cada grupo. La barra de Whiteness hp Maxx (24.25) destaca por ser la más alta, lo que refleja visualmente por qué existe una diferencia significativa frente al grupo control. Representa la tendencia de este gel a generar mayores niveles de microfiltración.

TABLA 8 Análisis comparativo por pares de los grados de microfiltración

COMPARACIÓN DE GRUPOS	n	U de Mann-Whitney	p-valor	Decisión Estadística
Control vs. **Whiteness HP Maxx**	24	35.0	**0.031**	**Diferencia Significativa**
Control vs. **Clariant Angelus**	24	59.0	0.452	No hay diferencia
Whiteness vs. **Clariant**	24	104.0	0.062	No hay diferencia

* Matriz de datos **P = 0.031 (P < 0.05) S.S.**

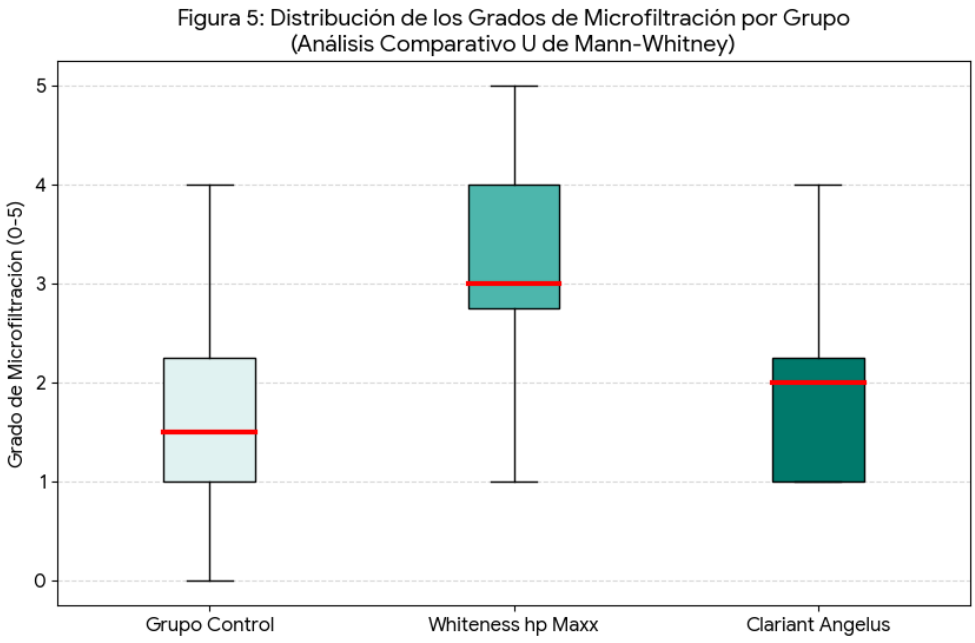
Tras demostrarse que existía una diferencia entre los grupos en su conjunto, fue necesario realizar comparaciones por pares para determinar qué grupos específicos diferían entre sí. Con este fin, se empleó la prueba **U de Mann-Whitney**.

Al comparar el **Grupo Control contra Whiteness HP Maxx**, se halló un valor P de **0.031**, lo que demuestra que este gel aclarante incrementa de forma significativa la microfiltración marginal en comparación con un diente no tratado.

En contraste, la comparación entre el **Control y Clariant Angelus** (P = 0.452) indica que este último no genera una alteración marginal estadísticamente relevante.

Finalmente, al comparar ambos geles entre sí (**Whiteness vs. Clariant**), el valor P de 0.062 sugiere que, aunque el grupo Whiteness tiene rangos de filtración más altos, la diferencia no llega a ser estrictamente significativa por un margen muy pequeño, lo cual es clínicamente relevante al momento de elegir alguno de los compuestos.

FIGURA 6 Análisis comparativo por pares de los grados de microfiltración



Este gráfico de cajas muestra la dispersión de los datos. La línea roja indica la mediana de cada grupo. Es muy útil para ver cómo el grupo Whiteness se desplaza hacia arriba (grados 3, 4 y 5), mientras que Clariant Angelus se mantiene en una posición muy similar a la del Grupo Control, lo que explica por qué entre ellos no hubo diferencias estadísticas.

DISCUSIÓN

Dado que el objetivo principal de esta investigación era determinar el grado de filtración que se produjo en cavidades de Clase V tras la aplicación de agentes blanqueadores de dos marcas comerciales distintas, los resultados obtenidos confirmaron la hipótesis planteada inicialmente. El hallazgo de un aumento estadísticamente significativo en la filtración marginal, especialmente al utilizar el gel Whiteness HP Maxx, aporta nuevas pruebas de que el tratamiento de blanqueamiento vuelve más porosa la interfase entre el diente y la restauración. En consecuencia, la observación de este fenómeno en los grupos experimentales respalda la hipótesis de que el uso de peróxidos de alta concentración compromete la integridad del sellado marginal en restauraciones realizadas con resina nanohíbrida.

Al contrastar los hallazgos de mi investigación con la revisión bibliográfica realizada por Tacuri Chungata y cols. del 2023 en Ecuador (59), se coincide en que el aclaramiento con peróxido de hidrógeno al 35% es un procedimiento de alta demanda y utilidad clínica. Mientras que Tacuri y su equipo concluyen, tras revisar la literatura, que el peróxido de hidrógeno al 35% es un agente confiable si se siguen las instrucciones del fabricante, en mis resultados experimentales pude determinar que esta confiabilidad se ve comprometida a nivel microestructural, específicamente en el sellado marginal de las restauraciones. A diferencia de su revisión, que ofrece una visión general de ventajas y desventajas, mi trabajo demuestra con datos estadísticos significativos que el uso de estos agentes de alta concentración, particularmente la marca Whiteness HP Maxx, incrementa la microfiltración marginal. Esto sugiere que la seguridad mencionada por Tacuri debe ser reevaluada cuando el paciente presenta restauraciones de resina nanohíbrida preexistentes, evidenciando que el proceso de oxidación no es inocuo para la interfase diente-restauración.

Al comparar nuestros resultados con el estudio de Loyola Araneda realizado el 2013 (60), se encuentra una coincidencia fundamental: la concentración de peróxido de hidrógeno al 35% es un factor crítico que incrementa las alteraciones en las estructuras dentales. Mientras que Loyola observó en Chile, mediante microscopía electrónica, que el peróxido al 35% provocaba mayores grietas y alteraciones en la morfología del esmalte bovino en comparación con una concentración del 15%, en mi investigación se pudo comprobar que esta misma concentración de alta potencia compromete la integridad del sellado marginal en restauraciones de resina nanohíbrida. Una diferencia metodológica relevante es que, mientras su estudio se centró en la

superficie del esmalte, el mío evaluó la interfase diente-restauración en cavidades clase V, encontrando que el impacto varía según la marca comercial.

A partir de los resultados de mi investigación, determiné que el uso de soluciones blanqueadoras dentales que contienen peróxido de hidrógeno al 35 % afecta la integridad del sellado marginal de las restauraciones realizadas con resina nanohíbrida. Específicamente, se detectó un aumento considerable de la microfiltración en el grupo tratado con Whiteness HP Maxx. Al comparar estos resultados con el estudio de Carlos Colquehuanca (Lima) (61), se observó que ambos estudios coinciden al revelar que el peróxido de hidrógeno al 35 % provoca cambios en los tejidos dentales o en los materiales de restauración. Esto se determinó debido a que ambos estudios demostraron una reducción sustancial en la microdureza del esmalte tras la aplicación del agente blanqueador. Sin embargo, existe una diferencia importante en cuanto a la variable de estudio, puesto que mientras en mi trabajo evalué la microfiltración marginal en restauraciones clase V, el antecedente de Lima se centró en la microdureza del esmalte, así como también en el tiempo de evaluación, ya que dicho estudio consideró mediciones inmediatas y a los 14 días, mientras que en mi investigación se analizó el efecto posterior al termociclaje. A pesar de estas diferencias metodológicas, considero que ambos estudios se complementan, ya que evidencian que los agentes aclaradores no solo afectan la estructura dental, sino también el comportamiento de los materiales restauradores.

Según los hallazgos de nuestra investigación, las soluciones para el blanqueamiento dental que contienen un 35 % de peróxido de hidrógeno tienen el potencial de comprometer el sellado marginal de las restauraciones realizadas con resina nanohíbrida, lo que puede derivar en niveles elevados de microfiltración en dichas restauraciones. Al contrastar estos hallazgos con el estudio del 2022 en Tacna (62), se pudo comprobar que, aunque ambos trabajos abordan la microfiltración como variable principal, el enfoque es distinto, ya que en dicho antecedente se prioriza la comparación entre materiales bioactivos, determinando que el MTA presenta mejor capacidad de sellado marginal frente a otros como Biodentine y Theracal. Además, ese estudio incorpora el análisis del comportamiento del color, ampliando su alcance hacia aspectos estéticos, lo cual no fue considerado en mi investigación. Mientras el antecedente se orienta a identificar el material más adecuado en términos de sellado y estabilidad cromática, mis resultados permiten entender cómo los agentes aclaradores pueden influir negativamente en restauraciones nanohíbridas y poder determinar cuál es el tiempo prudencial para realizar una restauración luego de aplicar tratamientos aclaradores con geles a base de peróxido de hidrógeno al 35 %.

En el estudio de Ardiles Zeballos del 2015 realizado en Arequipa (63), se identificó una diferencia fundamental en el impacto de los agentes aclarantes sobre la resina compuesta. Mi propia investigación revela que la durabilidad de la resina en sí no garantiza que su unión al diente permanezca intacta, a diferencia de lo hallado por Ardiles, quien concluyó que el peróxido de hidrógeno al 35 % no modificaba de manera apreciable la microdureza superficial de los materiales restauradores. En mi investigación, descubrí que el blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 35 % provocaba, de hecho, alteraciones sustanciales en el sellado marginal (P = 0,049), lo que deriva, en última instancia, en niveles críticos de microfiltración en cavidades de clase V. Se trata de un aspecto que la evaluación de la dureza realizada por Ardiles no tiene en cuenta. Además, a diferencia de su hallazgo de "igualdad de efectos" entre los agentes evaluados, yo pude determinar que incluso utilizando la misma concentración de peróxido al 35%, existen variaciones según la marca del agente; por ejemplo, el impacto negativo de Whiteness HP Maxx sobre el sellado frente a la mayor estabilidad clínica de Clariant Angelus. Por lo tanto, mi investigación aporta una visión más profunda y preventiva, sugiriendo que, aunque la superficie de la resina sea lo suficientemente dura, el proceso oxidativo del aclaramiento compromete seriamente la interfase diente-restauración, un riesgo que la prueba de microdureza no alcanza a detectar.

Por lo tanto, es posible concluir que la técnica de blanqueamiento dental ejerce una influencia directa y perjudicial sobre la integridad del contacto entre el diente y la restauración. Esta conclusión se desprende de los hallazgos obtenidos. En el transcurso de mi investigación, pude demostrar que el sellado marginal sufre una degeneración estructural como consecuencia de la exposición a altas concentraciones de agentes químicos oxidantes. Esta conclusión concuerda con la literatura científica existente. Asimismo, los resultados de mi investigación revelaron que el uso de geles blanqueadores provocó un aumento considerable en los niveles de microfiltración en los márgenes. Este hallazgo respalda las preocupaciones clínicas planteadas en torno a la durabilidad de las restauraciones.

Finalmente, la presencia de microfiltración post-aclaramiento detectada en mi trabajo subraya la importancia de una vigilancia clínica estricta. La degradación de la interfase detectada implica un riesgo elevado de sensibilidad postoperatoria, pigmentación marginal y, en última instancia, el desarrollo de lesiones cariosas secundarias. Por lo tanto, los resultados aquí expuestos sugieren que el odontólogo no debe considerar el aclaramiento como un proceso inocuo para los materiales restauradores; por el contrario, debe anticipar la necesidad de advertir las posibles complicaciones a los pacientes, así como controlar estrictamente los

tiempos necesarios dentro de los cuales se puede realizar las restauraciones luego de un tratamiento con aclaradores dentales.

CONCLUSIONES

PRIMERA

La investigación reveló que el uso del gel blanqueador Whiteness HP Maxx al 35 % provoca un mayor grado de filtración marginal en restauraciones realizadas con resina nanohíbrida. Los datos descriptivos indicaron que el 41,7 % de las muestras presentó un nivel de filtración de grado 3; asimismo, se observó una diferencia estadísticamente significativa entre dichas muestras y el grupo control (P = 0,031).

SEGUNDA

Al utilizar el gel Clariant Angelus Office al 35 %, se confirmó que el sellado marginal de las restauraciones no experimenta cambio alguno. El análisis estadístico reveló que no existían diferencias significativas entre las muestras y el grupo de control (P = 0,452). La mayor parte de las muestras, que representaron el 75 % del total, se clasificaron en los grados de filtración más bajos (1 y 2).

TERCERA

En conclusión, la prueba de Kruskal-Wallis determinó que existe una diferencia estadísticamente significativa en el grado de filtración marginal en restauraciones realizadas con resina nanohíbrida. Esto se determinó comparando los dos geles blanqueadores entre sí y, a su vez, cada uno de ellos frente al grupo control. La prueba arrojó un valor de 0,049, lo cual indica que la diferencia es estadísticamente significativa.

RECOMENDACIONES

1. **Recomendación General**: Se recomienda el uso de agentes aclaradores cuya actuación demuestre una mayor compatibilidad con los materiales restauradores, especialmente en el sector anterior o cervical. La elección se fundamentará en una mayor estabilidad en el sellado marginal, minimizando el riesgo de microfiltración y, por ende, previniendo complicaciones clínicas posteriores.

2. **A futuros investigadores y tesistas**: Se anima a la comunidad académica y a los investigadores en las primeras etapas de su carrera a ampliar el alcance de esta área de investigación, incluyendo el examen de otros factores que complementen el que se está abordando actualmente. Se sugiere realizar investigaciones que comparen diversas marcas de resinas compuestas frente a un único agente aclarador. Asimismo, es recomendable estudiar el efecto de concentraciones menores de peróxido (como el aclaramiento casero al 10% o 16%) o el impacto de diferentes protocolos de aplicación (tiempos y sesiones).

3. **A los odontólogos y profesionales de la salud bucal**: Se recomienda realizar una evaluación clínica y radiográfica exhaustiva de la integridad marginal así como realizar protocolos de aclaramiento con una distancia prudencial al momento de realizar las restauraciones. Los resultados de este estudio evidencian que el aclaramiento puede exacerbar fallas en el sellado; por lo tanto, es imperativo informar al paciente sobre la posible necesidad de esperar un tiempo prudencial antes de realizar la restauración definitiva.

4. **A las empresas fabricantes**: Se recomienda a los fabricantes de geles aclaradores integrar en sus instrucciones de uso información técnica más detallada y específica respecto a la interacción del producto con los materiales de restauración. Es fundamental que indiquen de manera clara el tiempo de espera prudencial (basado en evidencia científica) que debe transcurrir entre el aclaramiento y la realización de una nueva restauración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A J. El blanqueamiento dental: revisión de la literatura. Revista Internacional de Odontología Estética. 2017; 12(3).
2. Basting RT RAJSM. Efectos del blanqueamiento dental sobre la adhesión de materiales restauradores. Revista Clínica de Odontología. 2016; 10(2).
3. Torres CRG KABA. Influencia de agentes blanqueadores sobre la estructura del esmalte dental. Revista Odontológica Latinoamericana. 2018; 30(1).
4. Moraschini V BE. Efecto del blanqueamiento dental en la microfiltración de restauraciones de resina compuesta: revisión sistemática. Revista Odontológica Mexicana. 2020; 24(2).
5. Daniel J. Chiego. "Principios de HISTOLOGÍA y EMBRIOLOGÍA BUCAL con orientación clínica". Cuarta ed. Barcelona: ELSEVIER; 2014.
6. Bath-Balogh M FM. "Desarrollo, estructura y función de los dientes". Quinta ed. México: Elsevier; 2020.
7. ANTONIO CAMPOS MUÑOZ MEGDF. "Histología y Embriología Bucodental". Segunda ed.: Médica Panamericana S.A; 2002.
8. PINDBORG IAM. "Histología Del Diente Humano". Primera ed.: Editorial Labor; 1974.
9. STURDEVANT CM. "Operatoria Dental : Arte y Ciencia". Tercera ed.: Mosby/Doyma Libros S.A.; 1996.
10. GS K. "Histología Oral de Orban". 13th ed. Barcelona: Elsevier; 2014.
11. A BN. "Biomateriales Dentales". Segunda ed. Madrid: Editorial Síntesis; 2004.
12. NANCI A. "Ten Cate’s Oral Histology". Octava ed.: ELSEVIER/Mosby; 2012.
13. ANTONIO CAMPOS MUÑOZ MEGDF. Histología y Embriología Bucodental. Segunda ed.: Médica Panamericana S.A; 2002.

14. Mosby. DICCIONARIO DE ODONTOLOGÍA. Segunda edición ed. Barcelona, España: Elsevier España, S.L.; 2009.

15. Daniel J. Chiego. Principios de HISTOLOGÍA y EMBRIOLOGÍA BUCAL con orientación clínica. Cuarta ed. Barcelona: ELSEVIER; 2014.

16. Navarro MA. Conceptos Actuales sobre el Complejo Dentino-Pulpar Fisiología Pulpar. Carlo Bóveda. 2006.

17. PINDBORG IAM. Histología Del Diente Humano. Primera ed.: Editorial Labor; 1974.

18. Odontochile. Odontoblastos. Histología. .

19. MUÑOZ RR. EMBRIOLOGÍA, HISTOLOGIA Y FISIOLOGÍA PULPAR. Notas para el estudio de Endodoncia. 2011.

20. Peldaño. [Gaceta Dental. Actualización en protocolos de aclaramiento dental: ciencia y clínica].; 2025 [cited 2026 Marzo 23. Available from: https://gacetadental.com/2025/03/actualizacion-aclaramiento-dental/.

21. Rodríguez-Vargas C MSL. Bioquímica del aclaramiento dental: una revisión sistemática de la literatura actual. Revista Odontológica Mexicana. 2024; 26(2).

22. López-García N MJ. Manual de estética dental mínimamente invasiva. Segunda ed. Barcelona: Elsevier; 2023.

23. A FM. Efecto de las altas concentraciones de peróxido de hidrógeno sobre la microestructura del esmalte humano. Revista Estomatológica Herediana. 2023; 33(1).

24. Sánchez-Pérez M RLJ. Influencia del pH de los geles blanqueadores en la sensibilidad dentinaria y eficacia cromática. Universitas Odontologica. 2022; 41(1).

25. Dentaltix. Dentaltix Blog. Guía de materiales y técnicas de blanqueamiento dental para el clínico moderno. [Online].; 2026 [cited 2026 Marzo 23. Available from: https://www.dentaltix.com/es/blog/guia-blanqueamiento-profesional-2026.

26. R TD. Evaluación de la microfiltración marginal en resinas compuestas tras la exposición a agentes aclarantes de uso en consultorio. Revista de Ciencias de la Salud. 2021; 8(14).

27. E CH. Interacción entre peróxidos de alta concentración y la integridad de las resinas nanohíbridas: estudio in vitro. Revista Española de Odontoestomatología. 2024; 40(3).

28. FGM. Whiteness HP Maxx. [Online].; 2022 [cited 2026 Marzo 27. Available from: https://fgmdentalgroup.com/latam/productos-blanqueadores/whiteness-hp-maxx/.

29. Angelus. CLÀRIANT ANGELUS OFFICE 35%. [Online].; 2025 [cited 2026 Marzo 27. Available from: https://angelus.ind.br/es/produto/clariant-angelus-office/.

30. García-Sánchez A MRL. Microfiltración marginal en odontología restauradora: una revisión de los desafíos actuales. Revista Odontológica Clínica. 2024; 21(1).

31. R PG. Factores determinantes en el fracaso de las restauraciones de resina compuesta. Revista Estomatológica Herediana. 2023; 33(2).

32. Soto-López M VJ. Evaluación in vitro de la microfiltración marginal: metodologías y resultados. Revista Española de Odontoestomatología. 2025; 41(1).

33. Macchi RL. Materiales Dentales. Cuarta ed.: Editorial Médica Panamericana; 2004.

34. Espinoza Wood TM. Análisis comparativo invitro del grado de filtración marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas utilizando el sistema adhesivo Adper Single Bond 2 con grabado acidoy Sinlgle Bond Universal con y sin grabado acido. Tesis. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Facultad de Odontología; 2014.

35. PEREIRA SÁNCHEZ NATALIE JBA. Microfiltración de restauraciones clase v de resina compuesta colocadas con un adhesivo auto-acondicionante y un adhesivo de grabado total. ODOUS CIENTIFICA. 2007 Diciembre; VIII(2).

36. GABRIELA MARINA FALCONÍ BORJA CGMPBVVRADCAV. Evaluación del grado de microfiltración en restauraciones de resina compuesta, comparando dos sistemas adhesivos tras diferentes períodos de envejecimiento. Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia. 2016; 27(2).

37. ABRIL VJV. Análisis comparativo del nivel de micro filtración marginal entre sistemas adhesivos grabables y autograbables. Estudio in vitro. Editorial de Ciencias Odontológicas Universidad de Guayaquil. 2017.

38. Hernández-Torres E RMG. El rol de la capa híbrida en la prevención de la microfiltración marginal. Gaceta Dental. [Online].; 2022 [cited 2026 Marzo 23. Available from: https://gacetadental.com/2022/11/capa-hibrida-y-sellado-marginal/.

39. J. RE. Comportamiento térmico de los materiales restauradores y su impacto en la interfase diente-resina. Revista de Ciencias de la Salud. 2020; 9(18).

40. Martínez-Sánchez L RGA. Efecto de los geles aclarantes de alta concentración sobre la estabilidad de los sistemas adhesivos. Revista Odontológica Mexicana. 2024; 26(3).

41. ME FA. Influencia del aclaramiento dental en la microfiltración marginal de restauraciones preexistentes. Universitas Odontologica. 2023; 42(1).

42. Castro-Heredia E BRM. Interacción química entre el peróxido de hidrógeno y las resinas nanohíbridas. Revista Estomatológica. 2025; 32(1).

43. Dentaltix. Dentaltix Blog. ¿Cómo afecta el blanqueamiento dental a las restauraciones de composite? [Online].; 2026 [cited 2026 Marzo 23. Available from: https://www.dentaltix.com/es/blog/blanqueamiento-y-resinas-2026.

44. Nocchi Conceição E. Odontología restauradora. Salud y estética. 2nd ed. Frydman ADCMyJ, editor. Buenos Aires: EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA, S.A.C.F.; 2007.

45. Henostroza G. Adhesión en Odontología Restauradora. Primera ed. Curitiba - Paraná - Brasil: Editora Maio; 2003.

46. Anusavice KJ. Phillips. Ciencia de los materiales dentales. Undécima Edición ed. Madrid: Elsevier España S.A.; 2004.

47. Lanata EJ. Atlas de Operatoria Dental. Primera ed. Buenos Aires: Alfaomega Grupo Editor Argentino S.A.; 2008.

48. Coronel CD. "Todo lo que debes saber sobre resinas dentales". 2024 Agosto.

49. Villegas Castaño H SSESMP. Clasificación y características de las resinas compuestas utilizadas en odontología restauradora. Revista Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquía. 2024; 35(1).

50. Rodríguez-Villarreal O MMA. Evolución y estado actual de las resinas compuestas en odontología restauradora. Revista Odontológica Clínica. 2024; 21(2).

51. Gómez-Salazar J PRM. Propiedades mecánicas de las resinas nanohíbridas vs microhíbridas: estudio comparativo. Revista Estomatológica Herediana. 2023; 33(3).

52. N MV. Química de los polímeros dentales: de los monómeros a la red polimérica. Segunda ed. Ciudad de México: Editorial Médica Panamericana; 2025.

53. Castro-Heredia E BRM. Comportamiento de las resinas nanohíbridas ante cargas oclusales cíclicas. Revista Española de Odontoestomatología. 2025; 41(2).

54. Sánchez-López A RJL. Estabilidad del color y rugosidad superficial de resinas estéticas tras la exposición a agentes químicos. Universitas Odontológica. 2022; 41(2).

55. ME FA. Interacción química entre agentes aclarantes y materiales restauradores: una revisión bibliográfica. Revista de Ciencias de la Salud. 2023; 9(22).

56. R TD. Microfiltración marginal y rugosidad en resinas nanohíbridas post-aclaramiento. Revista Estomatológica. 2021; 29(1).

57. Dentaltix. Dentaltix Blog. Resinas nanohíbridas: ¿qué las hace diferentes y cómo cuidarlas? [Online].; 2026 [cited 2026 Marzo 23. Available from: https://www.dentaltix.com/es/blog/resinas-nanohibridas-guia-2026.

58. López-García N MJ. Adhesión a tejidos dentales tratados con peróxidos: protocolos y tiempos de espera. Revista de la Asociación Dental Mexicana. 2024; 81(1).

59. Tacuri Chungata JX PE. Ventajas y desventajas del aclaramiento dental entre peróxido de hidrógeno 35% de consultorio y peróxido de carbamida 10% de uso doméstico. Revisión de la literatura. KIRU. 2023 julio - septiembre; 20(3).

60. Araneda NL. Estudio comparativo in vitro de dos agentes blanqueadores de distinta concentración sobre la micromorfología del esmalte bovino. Trabajo de Investigación. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Facultad de Odontología; 2013.

61. Achulli CAC. Microdureza de la superficie del esmalte sometido al clareamiento dental externo con peróxido de hidrógeno al 35% estudio in vitro. Tesis para obtener el titulo de

Cirujano Dentista. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Odontología; 2009.

62. ARANA CHÁVEZ VOH. Capacidad de sellado marginal y comportamiento del color frente a dos agentes blanqueadores de tres materiales bioactivos a base de silicato de calcio, estudio in vitro. Tesis para optar el título profesional de cirujano dentista. Tacna: Universidad Privada de Tacna, Escuela Profesional de Odontología; 2022.

63. Zeballos HJA. Efecto in vitro de los geles de peróxido de hidrogeno al 35% y del peróxido de carbamida al 16% en la microdureza superficial en bloques de resinas compuesta herculite preciss A2. Tesis para Título Profesional. Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Facultad de Odontología; 2015.

64. Powers JM SR. Restauraciones con resina. Onceava ed. Barcelona: Elsevier; 2021.

65. Colquehuanca Achulli CA. Microdureza de la superficie del esmalte sometido al clareamiento dental externo con peróxido de hidrógeno al 35 %. Estudio in vitro. Tesis. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Odontología; 2009.

ANEXOS

FICHA 1 Recolección de datos

Grupo Control	
Muestra	**Grado de Microfiltración**
1	**1**
2	**2**
3	**2**
4	**0**
5	**1**
6	**3**
7	**4**
8	**2**
9	**1**
10	**4**
11	**0**
12	**1**

Grupo Whiteness hp Maxx 35%	
Muestra	**Grado de Microfiltración**
1	**3**
2	**3**
3	**1**
4	**4**
5	**5**
6	**5**
7	**4**
8	**3**
9	**2**
10	**3**
11	**1**
12	**3**

Grupo Clariant Angelus Office 35 %	
Muestra	**Grado de Microfiltración**
1	**2**
2	**2**
3	**1**
4	**3**
5	**4**
6	**1**
7	**2**
8	**1**
9	**2**
10	**2**
11	**4**
12	**1**

SECUENCIA FOTOGRÁFICA

FIGURA 7 Whiteness hp Maxx 35%



FIGURA 8 Grupo Clariant Angelus Office 35 %



FIGURA 9 Elaboración de muestras



FIGURA 10 Profilaxis



FIGURA 11 Aclaramiento

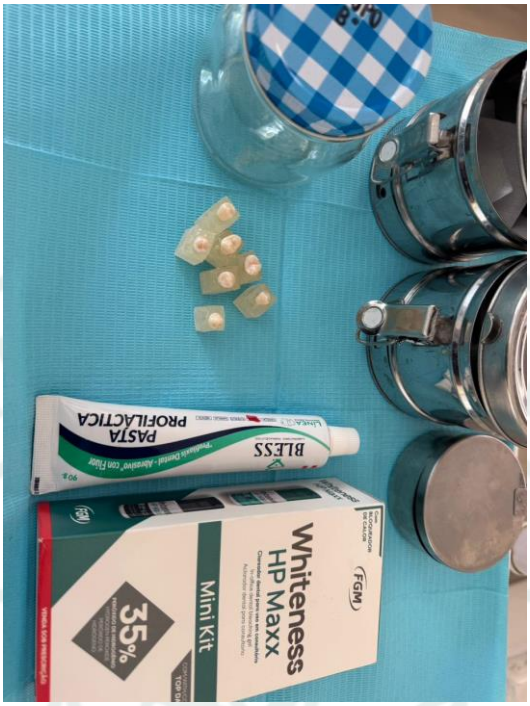


FIGURA 12 Aclaramiento



FIGURA 13 Aclaramiento

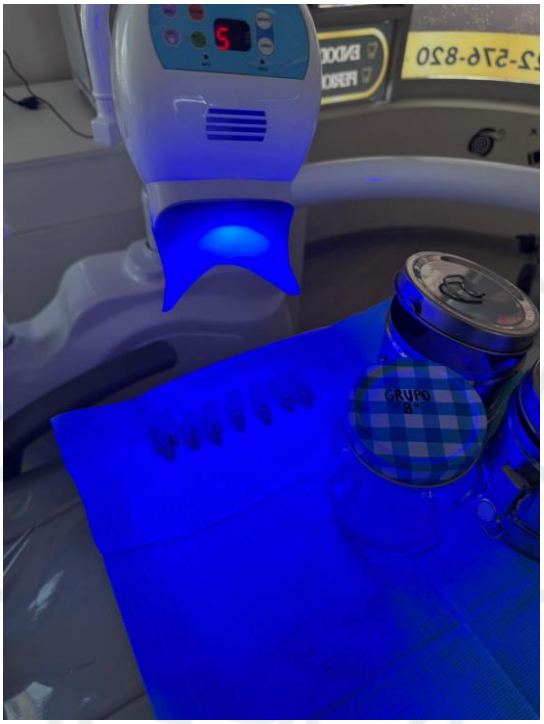


FIGURA 14 Aclaramiento



FIGURA 15 Preparación de cavidades



FIGURA 16 Preparación de cavidades



FIGURA 17 Preparación de cavidades

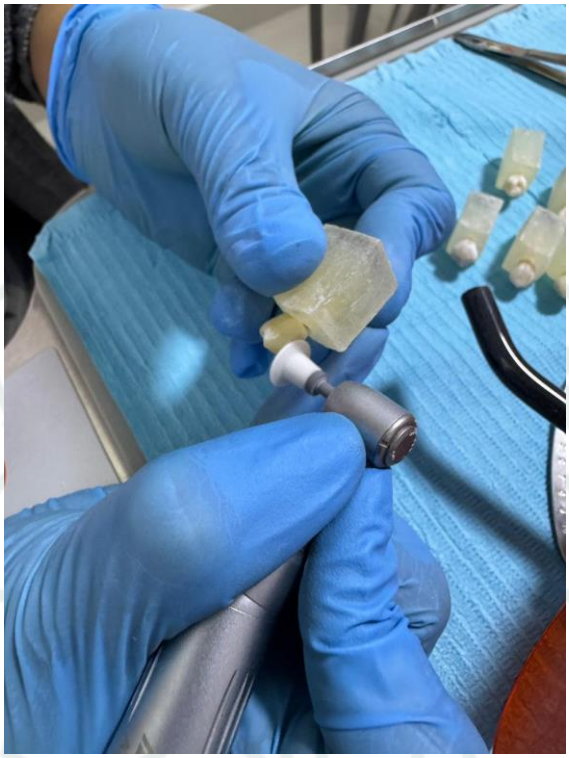


FIGURA 18 Preparación de cavidades

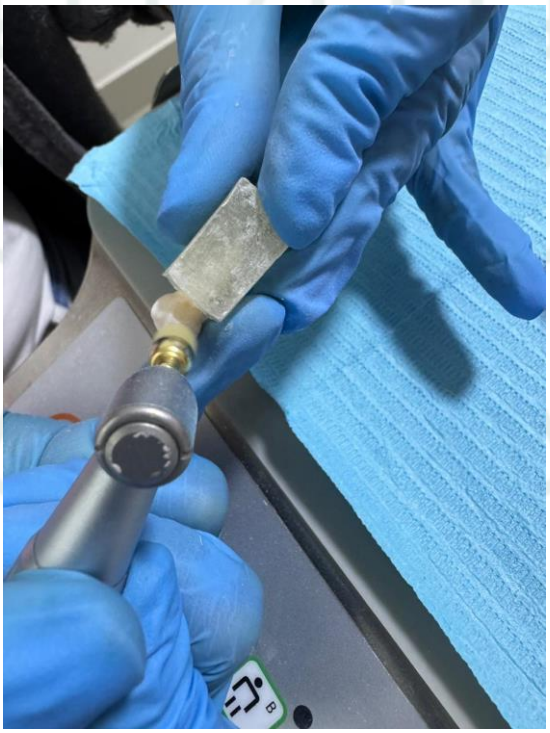


FIGURA 19 Termociclaje



FIGURA 20 Termociclaje



FIGURA 21 Termociclaje



FIGURA 22 Colorante



FIGURA 23 Corte de muestras



FIGURA 24 Filtración Grado 0

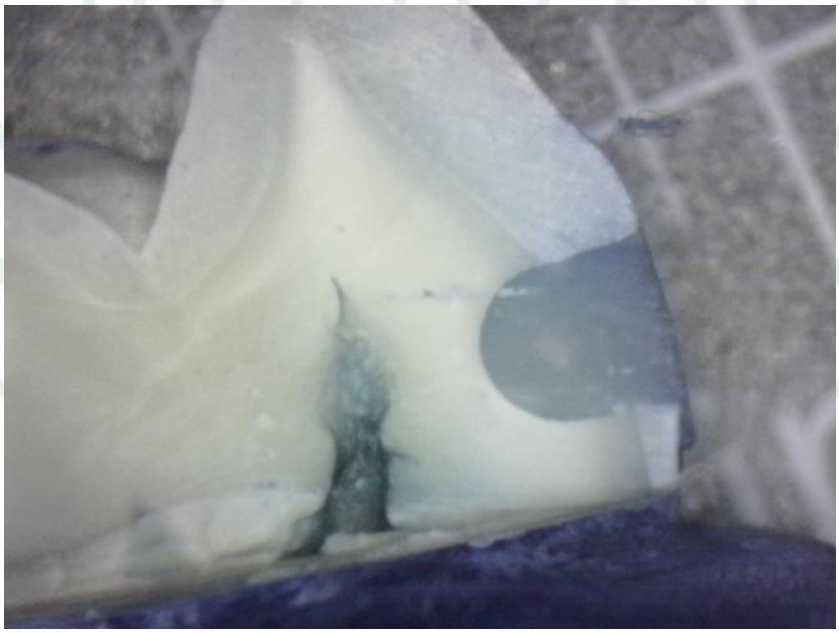


FIGURA 25 Filtración Grado 2

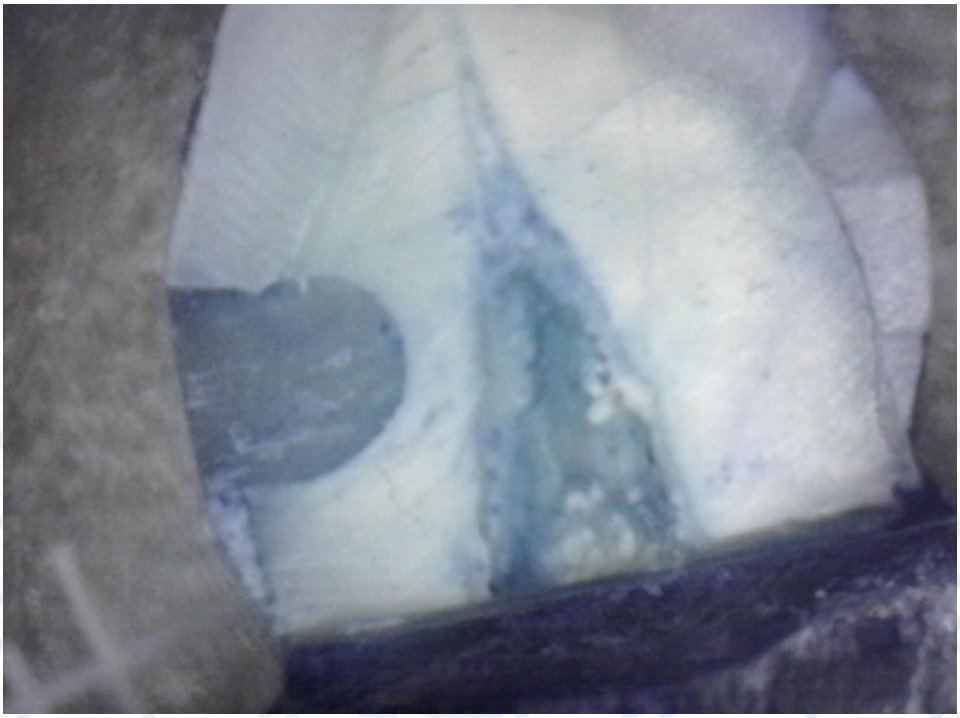


FIGURA 26 Filtración Grado 1

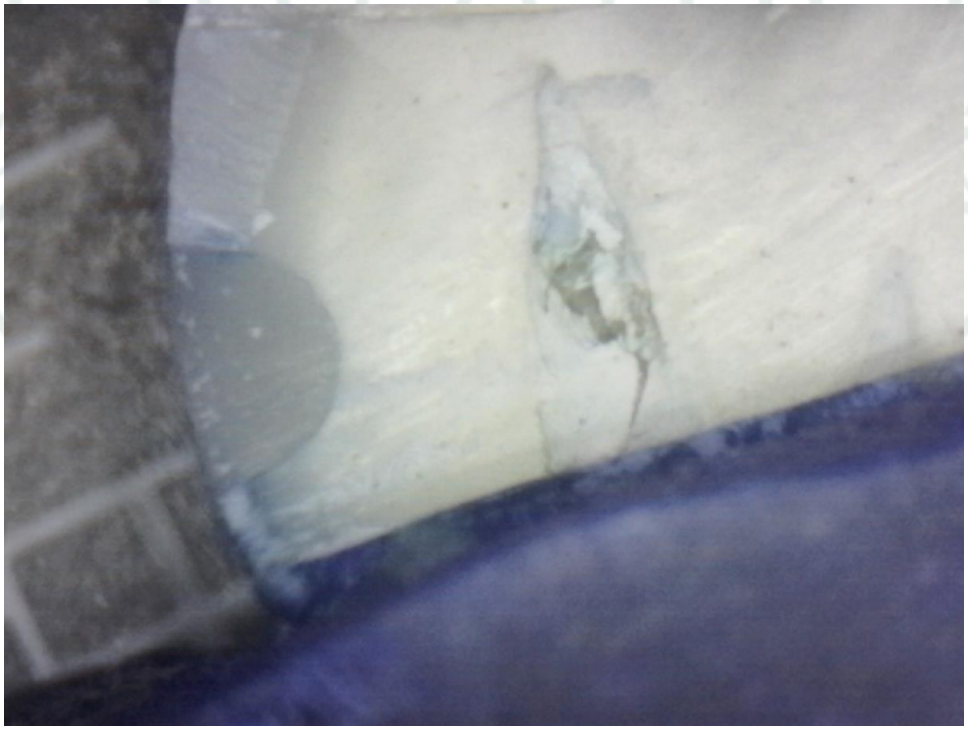


FIGURA 27 Filtración Grado 4

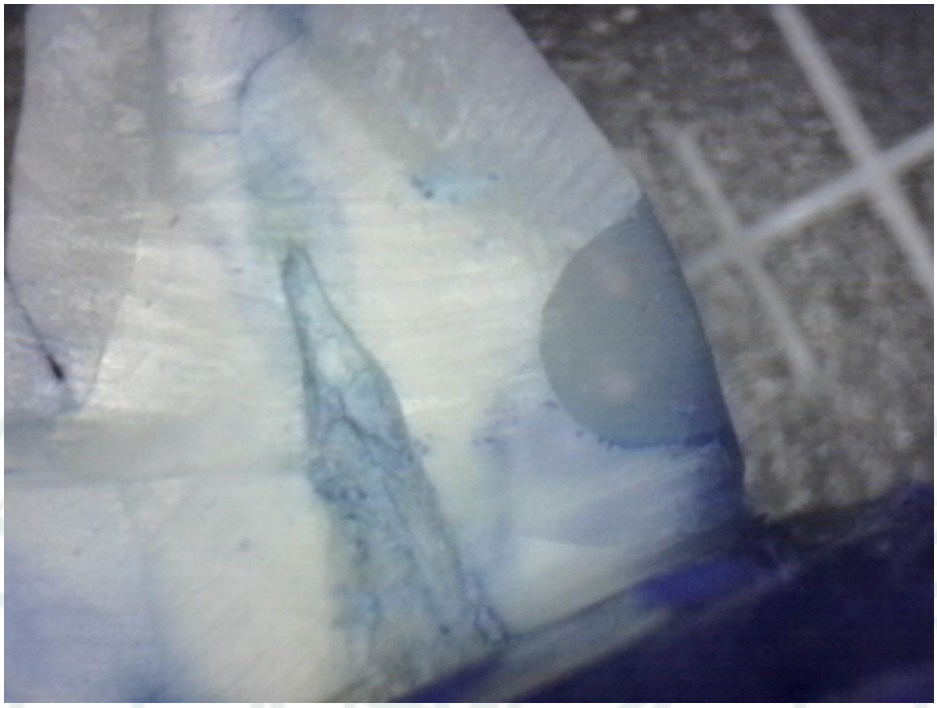
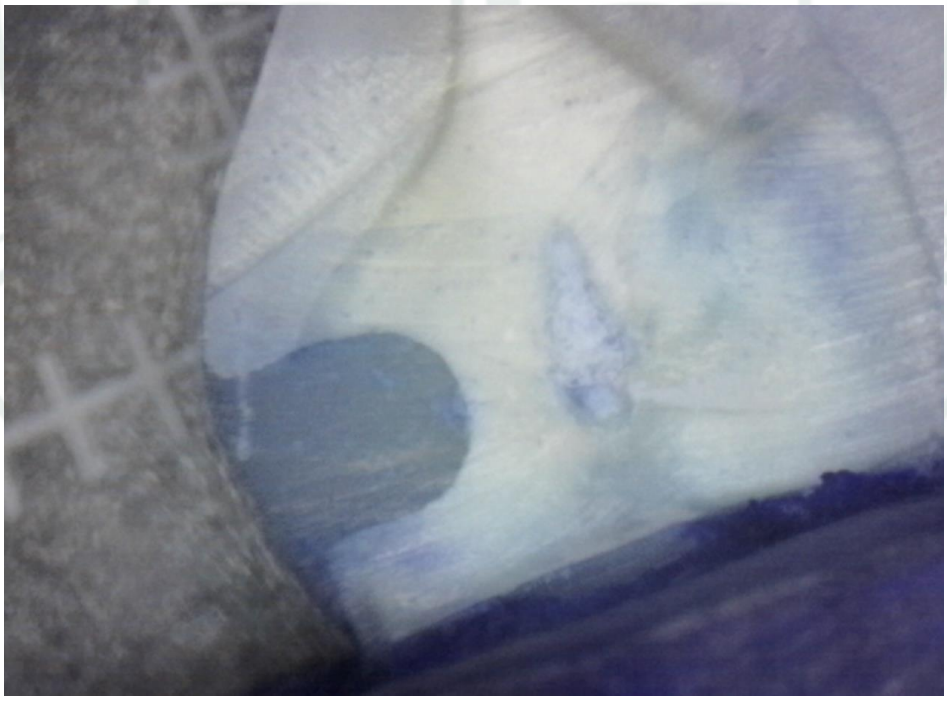


FIGURA 28 Filtración Grado 5



FICHA 2 Dictamen comité de ética

Universidad Católica de Santa María

Sentimiento Santamariano

Comité Institucional de Ética de la Investigación

Campus Central
Urb. San José s/n Umacollo
Arequipa – Perú
(+54) — 382038

UCSM.EDU.PE

Investigador/a/es/as
Barrios Aranda, Alisson Graciela

Arequipa, 9 de setiembre de 2026

De mi especial consideración.

Me dirijo a usted/es para hacerle/s llegar el resultado de la evaluación de su proyecto de investigación y dictamen del Comité Institucional de Ética de Investigación.

TÍTULO: "Estudio comparativo del efecto de dos geles de peróxido de hidrogeno al 35% en la microfiltración marginal de una resina nanohíbrida, Arequipa 2024".

INVESTIGADOR/A/ES/AS: Barrios Aranda, Alisson Graciela.

TIPO Y DISEÑO: Experimental, prospectivo, transversal, observacional.

OBJETIVO: La investigación tiene como objetivo: Investigar la diferencia en el grado de filtración marginal de restauraciones con resina nanohíbrida, posterior a la aplicación de dos distintos geles de aclaramiento como Whiteness hp Maxx 35% y Clariant Angelus Office 35 %.

UCSM Vicerrectorado de Investigación

PROCEDIMIENTOS: Análisis laboratorial.

SUJETOS DE ESTUDIO: Premolares libres de caries.

RIESGO DEL ESTUDIO: Mínimo.

OBSERVACIONES, SUGERENCIAS: Debe proteger confidencialidad de la data sensible.

DICTAMEN:

UCSM Vicerrectorado de Investigación

DICTAMEN FAVORABLE 511-2026 CIEI-UCSM

VIGENCIA: La aprobación tiene vigencia desde la emisión del presente dictamen hasta el 9 de setiembre de 2027.

Agueda Muñoz Del Carpio Toia
Comité Institucional de Ética de la Investigación UCSM

Arequipa, 9 de setiembre de 2026