



EFICACIA DE LA TECNICA SNOWFLOW EN LA REDUCCIÓN DE LA MICROFILTRACIÓN EN CAVIDADES CLASE V EN MOLARES

Alumno:

Héctor Yahir Arozqueta Eufracio

Director:

MCIC. Mauricio Orellana Centeno

Asesores:

MES. Gerardo Eguía Pastrana

MSP. José Eduardo Orellana Centeno

DCO. Marco Antonio Reyes Torres

D. C. Luis Octavio Sánchez Vargas

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	3
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 CAVIDADES CLASE V	6
1.2 MICROFILTRACIÓN	7
1.3 SISTEMAS ADHESIVOS	11
1.4 PAPEL DE LA FOTOPOLIMERIZACIÓN	13
1.5 ESTRÉS DE CONTRACCIÓN	16
1.6 RESINAS COMPUESTAS HIBRIDAS	17
1.7 COMPOSITES FLUIDOS	20
2. JUSTIFICACIÓN	23
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	25
4. HIPOTESIS	26
5. OBJETIVO GENERAL	27
6. OBJETIVOS ESPECIFICOS	28
7. MATERIALES Y METODOS	29
7.1 LUGAR DE ESTUDIO	30
7.2 GRUPO DE ESTUDIO	30
7.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN	30
7.3.1 CRITERIOS DE INCLUSION	30
7.3.2 CRITERIOS DE EXCLUSION	31
7.3.3 CRITERIOS DE ELIMINACIÓN	31
7.4 TABLA DE VARIABLES	31
7.5 PLAN DE TRABAJO	32
7.6 DIAGRAMA DE FLUJO	36
7.7 CONSIDERACIONES ETICAS:	36
8. RESULTADOS	42
9. DISCUSIÓN	46
10. CONCLUSIONES	50
11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	52
12. BIBLIOGRAFÍAS	53
13. ANEXOS	59

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización y culminación de este trabajo de tesis.

Agradezco especialmente a mi director de tesis, MCIC. Mauricio Orellana Centeno, por su orientación, compromiso, paciencia y acompañamiento durante el desarrollo de este proyecto. Sus conocimientos y aportaciones fueron fundamentales para la realización de este trabajo.

De igual manera, expreso mi profundo agradecimiento a mis asesores, MES. Gerardo Eguia Pastrana, MSP. José Eduardo Orellana Centeno, DCO. Marco Antonio Reyes Torres y D.C. Luis Octavio Sánchez Vargas, por compartir sus conocimientos, brindar sus observaciones y contribuir con su experiencia y apoyo a lo largo de este proceso. Sus recomendaciones fueron de gran importancia para enriquecer y fortalecer este trabajo.

A la Universidad Cuauhtémoc de San Luis Potosí, mi más sincero agradecimiento por la formación académica y profesional que me ha brindado, así como por las oportunidades que me permitieron llegar hasta este momento.

Asimismo, agradezco a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) por permitirme trabajar en sus instalaciones y facilitar los espacios y recursos necesarios para llevar a cabo parte de este proyecto. La disposición y apoyo brindados fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

A mis madres, Lucía Eufracio Gutiérrez y Guadalupe Gutiérrez García, les dedico un agradecimiento especial por su amor, apoyo incondicional, confianza y por acompañarme en cada etapa de mi formación. Gracias por motivarme a seguir adelante, por estar presentes en los momentos difíciles y por celebrar conmigo cada logro. Este trabajo también es fruto de todo lo que me han enseñado y del esfuerzo que han realizado para ayudarme a alcanzar mis metas.

A mis amigos, Isaac Rodríguez y Alfredo Mata, gracias por su amistad, apoyo y compañía durante este camino. Gracias por estar presentes en los buenos momentos, pero también por brindar palabras de ánimo cuando fueron necesarias. Su amistad ha sido una parte importante de esta etapa.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la realización de este trabajo y a mi formación profesional. Cada consejo, enseñanza, palabra de apoyo y gesto de confianza fue parte importante de este camino.

A todos ustedes, muchas gracias.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo la evaluación *in vitro* de la microfiltración en restauraciones clase V en molares humanos realizadas mediante la técnica snowplow. Se realizó un estudio piloto (experimental *in vitro*), en el cual se prepararon cavidades estandarizadas de 4 mm de ancho, 2 mm de alto y 1.5 mm de profundidad en la superficie vestibular de molares. La muestra estuvo constituida por 20 molares humanos donados, los cuales fueron sometidos a un protocolo experimental. Las restauraciones fueron realizadas mediante la combinación de resina compuesta fluida y resina compuesta híbrida, siguiendo el protocolo de la técnica Snowplow.

Para evaluar la microfiltración, las muestras fueron sometidas a 500 ciclos térmicos entre 5 °C y 55 °C, permaneciendo 20 segundos en cada baño. La transferencia de las piezas entre los baños se realizó de manera inmediata, procurando minimizar el intervalo de tiempo entre la salida de un baño y la inmersión en los siguientes. Posteriormente se sumergieron en una solución de fucsina básica al 2% durante 24 horas. Siguiendo el protocolo cada molar fue seccionado en sentido longitudinal de cara vestibular a cara lingual de la pieza, obteniéndose dos secciones por pieza dental, para un total de 40 secciones y las muestras fueron analizadas mediante estereomicroscopio con un aumento de 20X, observando la penetración del colorante.

Los resultados fueron medidos por una escala de 0 a 4, siendo 0 la ausencia de microfiltración o mínima y 4 la presencia de penetración del colorante hasta el suelo pulpar de la cavidad. Se mostró que el 52.5% de las muestras tuvieron penetración mínima o no detectable, mientras que el 47.5% presentó algún grado de microfiltración, principalmente en dirección media y apical. Además, se encontró una asociación estadísticamente significativa entre la dirección de la microfiltración y el grado de penetración del colorante ($p < 0.001$).

Se concluye que la técnica Snowplow presentó un comportamiento favorable en el control de la microfiltración y puede contribuir a mejorar el sellado marginal de restauraciones Clase V. Sin embargo, no elimina completamente este fenómeno, por lo que son necesarios estudios con mayor número de muestras, grupos comparativos y seguimiento clínico a largo plazo.

Palabras clave: Sellado, Restauración, Resina, Adaptación, Termociclado.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate in vitro microleakage in Class V restorations of human molars performed using the Snowplow technique. A pilot experimental in vitro study was conducted, in which standardized cavities measuring 4 mm in width, 2 mm in height, and 1.5 mm in depth were prepared on the buccal surface of molars. The sample consisted of 20 donated human molars, which were subjected to an experimental protocol. The restorations were performed using a combination of flowable composite resin and hybrid composite resin, following the Snowplow technique protocol.

To evaluate microleakage, the specimens were subjected to 500 thermal cycles between 5 °C and 55 °C, remaining in each bath for 20 seconds. Transfer of the specimens between baths was performed immediately, with the aim of minimizing the time interval between removal from one bath and immersion in the next. Subsequently, the specimens were immersed in a 2% basic fuchsin solution for 24 hours. Following the protocol, each molar was sectioned longitudinally from the buccal to the lingual surface, obtaining two sections per tooth, for a total of 40 sections. The specimens were analyzed using a stereomicroscope at 20× magnification to assess dye penetration.

The results were evaluated using a scale from 0 to 4, where 0 represented the absence or minimal microleakage and 4 represented dye penetration extending to the pulpal floor of the cavity. The results showed that 52.5% of the specimens exhibited minimal or undetectable dye penetration, whereas 47.5% presented some degree of microleakage, mainly in the middle and apical directions. Furthermore, a statistically significant association was found between the direction of microleakage and the degree of dye penetration ($p < 0.001$).

It was concluded that the Snowplow technique showed favorable performance in controlling microleakage and may contribute to improving the marginal seal of Class V restorations. However, it does not completely eliminate this phenomenon; therefore, further studies with larger sample sizes, comparative groups, and long-term clinical follow-up are warranted.

Keywords: Sealing, Restoration, Resin, Adaptation, Thermocycling.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 CAVIDADES CLASE V

Las cavidades Clase V corresponden a lesiones o defectos localizados en el tercio cervical de las superficies dentales (Figura 1), principalmente en las caras vestibular o lingual. Su etiología puede ser diversa e incluir procesos cariosos, abrasión, erosión o la combinación de diferentes factores. Debido a su localización y a las características de los tejidos involucrados, estas lesiones representan un desafío para los procedimientos restauradores, particularmente en lo relacionado con la adhesión y el sellado marginal.¹

Una característica relevante de las cavidades Clase V es que sus márgenes pueden encontrarse en diferentes sustratos dentales. En condiciones donde el límite oclusal se localiza en esmalte y el margen gingival se encuentra en dentina o cemento radicular, la restauración presenta una interfaz con propiedades estructurales y adhesivas diferentes. El esmalte, debido a su elevada concentración de componentes minerales y a la posibilidad de generar un patrón de microrretención mediante el acondicionamiento ácido, proporciona condiciones más favorables y predecibles para la adhesión. En contraste, la dentina presenta una composición más compleja y una mayor proporción de componentes orgánicos y agua, además de una estructura tubular, lo que hace que su adhesión sea más sensible a las condiciones del sustrato y al protocolo utilizado. Estudios recientes han señalado que las restauraciones cervicales pueden presentar diferencias en su comportamiento marginal y en la microfiltración dependiendo de si el margen se encuentra en esmalte o en dentina.¹

La diferencia entre ambos sustratos adquiere especial importancia en la evaluación de la microfiltración. Los márgenes ubicados en dentina o cemento pueden presentar mayores dificultades para obtener un sellado estable debido a las características propias de estos tejidos y a su interacción con los sistemas adhesivos. Por el contrario, el acondicionamiento del esmalte permite establecer una unión micromecánica más favorable. La evidencia clínica reciente también ha mostrado que estrategias que incluyen el acondicionamiento selectivo del esmalte pueden favorecer el comportamiento marginal y la retención de restauraciones cervicales.

La dentina constituye, por lo tanto, un sustrato de especial importancia en las restauraciones cervicales. Se trata de un tejido mineralizado cuya estructura está constituida principalmente por una fase inorgánica de hidroxiapatita, una matriz orgánica rica en colágeno y agua. Además, presenta numerosos túbulos dentinarios que se extienden desde la pulpa hacia la periferia del tejido. La cantidad y el diámetro de estos túbulos aumentan conforme se aproximan a la pulpa,

favoreciendo una mayor permeabilidad dentinaria en las zonas profundas. Estas características, junto con la presencia de humedad y componentes orgánicos, hacen que la adhesión a la dentina sea más compleja y sensible a las condiciones clínicas que la adhesión al esmalte.

A su vez, la localización cervical expone las restauraciones a factores propios del medio bucal, como variaciones de temperatura, humedad y cargas funcionales. La interacción de estos factores con las diferencias estructurales entre esmalte, dentina y cemento puede influir en la adaptación marginal y favorecer la aparición de microfiltración. Por esta razón, el conocimiento de las características de cada sustrato resulta fundamental para la selección y aplicación de los materiales y protocolos adhesivos empleados en la restauración de cavidades Clase V.

El éxito restaurador en estas cavidades depende de seleccionar materiales adecuados y aplicar técnicas precisas. Los ionómeros de vidrio modificados con resina son una opción excelente para márgenes gingivales porque se adhieren químicamente a la dentina y liberan flúor, proporcionando protección adicional. Las resinas compuestas son ideales en términos estéticos, pero requieren sistemas adhesivos eficaces que aseguren un buen sellado y una unión estable. Durante el procedimiento, es fundamental evitar la desecación de la dentina para mantener intacta la red de colágeno, lo que permite una mejor integración con los sistemas adhesivos.²



Figura 1. Cavidad clase V en incisivo lateral a causa de caries.

1.2 MICROFILTRACIÓN

La microfiltración constituye uno de los principales desafíos dentro de la odontología restauradora, debido a las consecuencias que puede generar sobre el comportamiento y la longevidad de las restauraciones. Este fenómeno ocurre cuando no se logra establecer un sellado adecuado entre el material restaurador y los tejidos dentales, permitiendo el paso de bacterias, fluidos, moléculas, iones o aire a través de la interfase existente entre ambos.²

La presencia de microfiltración puede asociarse con diversas complicaciones clínicas, entre las que se encuentran:

Sensibilidad postoperatoria: La penetración de fluidos hacia los túbulos dentinarios puede producir sensibilidad ante estímulos térmicos, como el frío y el calor, así como ante estímulos mecánicos. Este fenómeno se relaciona con los cambios de presión generados dentro de los túbulos dentinarios, capaces de producir estimulación de las estructuras nerviosas pulpares.³

Alteración del color en la interfase: La presencia de una interfaz deficiente puede favorecer la penetración y acumulación de pigmentos provenientes de alimentos, bebidas y productos como el tabaco. Como consecuencia, puede producirse una modificación en la apariencia de la restauración, particularmente en sus márgenes, donde puede observarse una coloración más oscura o amarillenta.³

Caries adyacente a la restauración: La penetración y acumulación de microorganismos en la interfase entre el diente y el material restaurador puede favorecer el desarrollo de lesiones cariosas alrededor de la restauración. La caries secundaria constituye una de las complicaciones asociadas con el deterioro y fracaso de restauraciones, particularmente cuando existe una adaptación marginal deficiente.

Alteraciones pulpares: Cuando la microfiltración es considerable, el ingreso de microorganismos y sus productos hacia zonas cercanas al tejido pulpar puede contribuir al desarrollo de una respuesta inflamatoria. Dependiendo de la intensidad y duración de la agresión, esta respuesta puede evolucionar hacia una pulpitis y, en situaciones más avanzadas, hacia necrosis pulpar.³

1.2.1 Factores que favorecen la microfiltración

Deficiencias en la técnica restauradora: Los errores relacionados con el acondicionamiento, la aplicación del sistema adhesivo, la manipulación o la colocación del material restaurador pueden afectar la adaptación entre el material y la estructura dental, favoreciendo la formación de espacios en la interfase. (Figura 2)

Contracción de polimerización: Durante la polimerización de los materiales a base de resina compuesta se produce una reducción volumétrica del material. Esta contracción puede generar tensiones en la interfaz adhesiva y comprometer la

adaptación marginal, favoreciendo la formación de espacios o microgrietas que pueden facilitar la aparición de microfiltración.



Figura 2. Restauración con resina en OD 46 desgastada por el paso del tiempo con presencia de microfiltración.

1.2.2 Prevención de la microfiltración

1. **Selección adecuada de los materiales:** La elección de materiales restauradores que presenten buenas propiedades adhesivas y capacidad de adaptación marginal puede contribuir a disminuir el riesgo de microfiltración. Entre las alternativas disponibles se encuentran los sistemas adhesivos y los ionómeros de vidrio modificados con resina, cuya selección deberá realizarse considerando las características del procedimiento restaurador.
2. **Aplicación correcta de los procedimientos adhesivos:** Es importante realizar una adecuada preparación del sustrato dental, incluyendo el acondicionamiento de la superficie, el grabado ácido cuando corresponda y la aplicación del sistema adhesivo de acuerdo con las indicaciones del fabricante. El cumplimiento de cada una de estas etapas favorece una adecuada interacción entre el tejido dental y el material restaurador.
3. **Control de la humedad y aislamiento:** El aislamiento adecuado del campo operatorio constituye un factor fundamental durante los procedimientos restauradores. El uso del dique de goma permite reducir la contaminación del área de trabajo por saliva, sangre o humedad y favorece condiciones más controladas para la aplicación de los materiales adhesivos (Figura 3).
4. **Mantenimiento y seguimiento de las restauraciones:** La evaluación periódica de las restauraciones permite identificar de manera oportuna alteraciones en los márgenes, pérdida de adaptación u otros defectos que puedan comprometer su funcionamiento. La detección temprana de estas

alteraciones puede permitir su tratamiento antes de que progresen y ocasionen complicaciones mayores.



Figura 3. Aislamiento absoluto mandibular ayudado de hilo dental.

El desarrollo de la odontología restauradora contemporánea se ha orientado hacia la incorporación de nuevos materiales y técnicas clínicas que permitan mejorar el comportamiento de las restauraciones y satisfacer las demandas estéticas y funcionales de los pacientes. La amplia variedad de materiales disponibles hace que su selección constituya una decisión relevante para el profesional, quien debe considerar tanto las características del material como las condiciones clínicas y el procedimiento que se llevará a cabo. La elección adecuada, acompañada de una correcta aplicación de la técnica restauradora, contribuye a obtener tratamientos predecibles, funcionales y estéticamente satisfactorios.

Las resinas compuestas no presentan una adhesión específica y espontánea a los tejidos dentales, por lo que requieren procedimientos de acondicionamiento de la superficie y la utilización de sistemas adhesivos que permitan establecer una unión adecuada con el esmalte y la dentina. Uno de los principales desafíos asociados con estos materiales es la contracción que ocurre durante la polimerización. Esta reducción volumétrica puede generar tensiones en la interfase adhesiva y favorecer la pérdida de adaptación marginal, formando espacios que pueden facilitar la aparición de microfiltración. Como consecuencia, pueden presentarse complicaciones como sensibilidad postoperatoria, alteraciones marginales y, en determinadas circunstancias, el deterioro o fracaso de la restauración.⁴

La microfiltración puede evaluarse mediante diferentes métodos experimentales, entre los que se encuentra la técnica de penetración de colorantes. Este procedimiento permite identificar y valorar la extensión del paso de un agente trazador a través de la interfase existente entre el tejido dental y el material restaurador. Para ello, los especímenes son sometidos previamente a las

condiciones experimentales establecidas y posteriormente expuestos a una solución colorante. Después de la sección de las piezas dentales, la penetración del colorante se observa mediante técnicas de microscopía y puede clasificarse de acuerdo con la profundidad alcanzada dentro de la cavidad restaurada.^{5,6}

La valoración puede realizarse mediante escalas ordinales basadas en la extensión de la penetración del colorante, asignando valores progresivos conforme este alcanza zonas más profundas de la cavidad.^{5,6}

1.3 SISTEMAS ADHESIVOS

En odontología restauradora, los sistemas adhesivos son materiales esenciales para establecer una unión entre la estructura dental y los materiales utilizados en las restauraciones. Su eficacia está condicionada por distintos elementos, como la composición química del adhesivo, sus propiedades físicas y mecánicas, la fuerza de unión requerida, el procedimiento clínico empleado y las particularidades de cada generación. Con el paso del tiempo, estos sistemas han sido objeto de avances y modificaciones destinados a optimizar sus características y mejorar su aplicación en la práctica odontológica.

La calidad de la adhesión constituye un aspecto importante para garantizar el funcionamiento y la durabilidad de las restauraciones dentales, ya que permite lograr una unión adecuada entre el sustrato dental y el material restaurador. Uno de los principales mecanismos involucrados es la formación de la capa híbrida, la cual se origina mediante la infiltración de monómeros adhesivos en los tejidos dentales previamente acondicionados y su interacción con la estructura desmineralizada. Después de la polimerización, se establece una unión micromecánica que contribuye a la retención del material restaurador sobre la superficie dental.

El desarrollo de los sistemas adhesivos ha respondido a la necesidad de obtener materiales con un comportamiento adhesivo más consistente y procedimientos clínicos menos complejos. Las primeras formulaciones requerían múltiples etapas de aplicación y un control riguroso de cada una de ellas para conseguir una unión satisfactoria entre el diente y la restauración. Ante estas limitaciones, surgieron nuevas generaciones de adhesivos enfocadas en disminuir el número de pasos operatorios y simplificar su manejo clínico, procurando mantener una adhesión eficaz y resultados restauradores satisfactorios.

1.3.1 Ventajas y desventajas en los sistemas adhesivos de generaciones pasadas y actuales

Los sistemas adhesivos de tres pasos requieren la aplicación secuencial de un agente de grabado ácido, seguido de un lavado y secado controlados, un imprimador (*primer*) y, finalmente, un adhesivo. El grabado ácido modifica la

superficie del esmalte y la dentina para favorecer la unión con los materiales restauradores. Posteriormente, el imprimador facilita la penetración de los monómeros en los tejidos dentales acondicionados, favoreciendo su interacción con la resina adhesiva.⁷

Estos sistemas contienen monómeros polimerizables hidrofílicos disueltos en solventes como agua, etanol o acetona, que facilitan su transporte e infiltración en la estructura dental previamente grabada. Asimismo, contribuyen al desplazamiento del exceso de agua y favorecen la penetración de los monómeros en los túbulos dentinarios. Para obtener una infiltración adecuada, es necesario mantener un nivel de humedad apropiado en la dentina. Entre sus principales ventajas destaca su capacidad para proporcionar una adhesión eficaz tanto en esmalte como en dentina. Sin embargo, su aplicación requiere mayor tiempo y precisión debido a la cantidad de pasos involucrados. Además, existe el riesgo de alterar el grado de humedad dentinaria durante el lavado y secado posteriores al grabado ácido, lo que puede comprometer la calidad de la adhesión.⁷

Los sistemas adhesivos de dos pasos simplifican el procedimiento clínico al combinar algunas de las funciones que se realizan por separado en los sistemas de tres pasos. En estos adhesivos, el acondicionamiento ácido se lleva a cabo de manera independiente, mientras que el imprimador y el agente adhesivo se encuentran integrados en una misma solución. Su aplicación requiere especial atención a la técnica, ya que el control de la humedad dentinaria es fundamental para favorecer la infiltración de los monómeros y evitar la formación de zonas insuficientemente impregnadas. Aunque determinar el grado adecuado de humedad puede resultar complejo, estos sistemas ofrecen ventajas como la reducción del tiempo de trabajo, la simplificación del procedimiento y una menor cantidad de etapas clínicas.⁷

Los sistemas adhesivos de un solo paso integran las funciones de acondicionamiento, imprimación y adhesión en una única aplicación. Esta característica permite simplificar considerablemente el procedimiento clínico, ya que los componentes necesarios para acondicionar la superficie dental y favorecer la unión con la resina se encuentran incorporados en una misma formulación. Entre sus principales ventajas se encuentran la facilidad de aplicación, la reducción del tiempo de trabajo y la eliminación de la etapa de lavado posterior al grabado ácido, propia de los sistemas convencionales. Por lo general, su protocolo consiste en aplicar el material sobre la superficie dental, distribuirlo mediante aire para favorecer la evaporación del solvente y, posteriormente, realizar la fotopolimerización de acuerdo con las indicaciones del fabricante.⁷

1.4 PAPEL DE LA FOTOPOLIMERIZACIÓN

Los polímeros son macromoléculas que se forman mediante la unión sucesiva de numerosas unidades pequeñas denominadas monómeros, las cuales pueden ser iguales o diferentes. En las resinas compuestas, los monómeros contienen al menos un enlace doble entre átomos de carbono, que permite su transformación en polímeros o copolímeros mediante una reacción de polimerización. Este proceso consiste en convertir monómeros y oligómeros en una estructura polimérica a través de mecanismos de iniciación que generan radicales libres. Cuando dos o más tipos de monómeros se incorporan a una misma cadena polimérica, el producto se denomina copolímero, cuyas propiedades dependen de la naturaleza de los monómeros que lo constituyen y de la forma en que se enlazan. En términos generales, la polimerización de las resinas comprende cuatro etapas principales: activación, iniciación, propagación y terminación.

La etapa de iniciación comienza con la activación de una sustancia capaz de descomponerse y producir radicales libres. Estas especies químicas presentan un electrón desapareado y una elevada reactividad, lo que les permite interactuar con otras moléculas. Cuando un radical libre reacciona con el enlace doble de carbono de un monómero, uno de los electrones de dicho enlace se combina con el electrón desapareado, mientras que el otro queda disponible para generar un nuevo radical. Este mecanismo permite que la reacción continúe y que se incorporen nuevas moléculas a la cadena en crecimiento. En las resinas compuestas, la generación de radicales libres puede producirse mediante cuatro mecanismos principales: activación térmica, activación química o autopolimerización, irradiación con luz ultravioleta y fotopolimerización con luz visible.⁸

En los sistemas de activación térmica, el calentamiento provoca la descomposición del peróxido de benzoilo, lo que da lugar a la formación de radicales libres. Por su parte, los materiales de activación química utilizan una amina terciaria como agente acelerador, la cual favorece la descomposición del peróxido de benzoilo e inicia la reacción de polimerización. En los sistemas activados por radiación ultravioleta, la exposición a una longitud de onda cercana a 365 nm permite activar el éter metilbenzofílico, presente en concentraciones aproximadas del 0,2 %, y generar radicales libres sin requerir la participación de aminas terciarias. En cambio, los sistemas fotopolimerizables mediante luz visible utilizan una fuente de irradiación con longitudes de onda de aproximadamente 420 a 470 nm, que activa la canforoquinona, presente generalmente en concentraciones de entre 0,03 y 0,1 %, o alguna otra dicetona empleada como fotoiniciador. Una vez excitada, la canforoquinona interactúa con una amina terciaria alifática, como el metacrilato de N,N-dimetilaminoetilo, presente en una concentración aproximada del 0,1 % o similar, para producir los radicales libres responsables de iniciar la reacción. En las

resinas autopolimerizables, por otro lado, la reacción se desencadena al combinar un iniciador, como el peróxido de benzoilo, con una amina aceleradora, por ejemplo, la N,N-dihidroxietil-p-toluidina. Esta interacción promueve la descomposición del peróxido y la generación de radicales libres.

Durante la propagación, una vez que los inhibidores han sido consumidos y los radicales libres se encuentran disponibles, estos reaccionan con los monómeros y oligómeros, formando nuevas especies radicalarias que continúan incorporando unidades monoméricas a las cadenas en crecimiento. Conforme avanza la reacción, las cadenas poliméricas se alargan y desarrollan diferentes configuraciones estructurales, mientras disminuye progresivamente la cantidad de enlaces dobles de carbono disponibles para reaccionar. La organización de estas cadenas depende de las características químicas de los componentes de la matriz resinosa. Por ejemplo, el Bis-GMA presenta una estructura molecular rígida que limita la movilidad de las cadenas, mientras que los monómeros diluyentes, como el TEGDMA, poseen mayor flexibilidad y pueden contribuir a la formación de enlaces adicionales conforme avanza la reacción. Estos diluyentes favorecen la unión entre las cadenas poliméricas y la formación de una red tridimensional mediante enlaces cruzados, lo que incrementa la densidad de la estructura resultante. Debido a las diferencias en la composición y reactividad de sus componentes, la matriz resinosa obtenida no presenta una estructura completamente homogénea.

Finalmente, la terminación ocurre cuando los radicales libres dejan de participar en la propagación, principalmente al reaccionar entre sí. Esta etapa puede producirse mediante la combinación de dos radicales, dando lugar a un enlace entre las cadenas, o a través de una reacción de desproporción, en la que se generan cadenas con diferentes características en sus extremos, una de ellas con un enlace doble y otra con enlaces saturados. Ambos mecanismos contribuyen a detener el crecimiento de las cadenas poliméricas y a establecer la estructura final del material.

1.4.1 Factores que intervienen en la polimerización de composites

No debemos olvidar que existen una serie de factores que van a intervenir en la polimerización de los composites, unos guardan relación con el material y otros, con el foco de luz.

Los relacionados con el material son:

- **El tipo de iniciador o fotoiniciador:** La más utilizada es la canforoquinona, cuyo pico de absorción máxima está en los 468 nm. Aunque se empiezan a utilizar otros como el PPD (1-fenil1.2-propanodiona) para sustituir a la

canforoquinona en la realización de restauraciones estéticas, debido a que la canforoquinona puede dejar tono amarillento a las resinas.

- **El color:** Los pigmentos más oscuros polimerizan peor, debido a que ocasionan fenómenos de dispersión de la luz al ser más opacos.
- **Grosor de capa:** El grosor máximo de cada capa de composite no debe exceder los 2 mm, debido a que a mayor grosor de capa más contracción de polimerización.⁸

Al mismo tiempo, los relacionados con el foco de luz y sus características son:

- **Longitud de onda:** Debería abarcar los picos de máxima activación de los diferentes tipos de fotoiniciadores.
- **Distancia:** La efectividad de la radiación lumínica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Esto quiere decir, que si variamos la distancia entre la luz y la superficie a polimerizar existirán grandes pérdidas en la intensidad lumínica. Por tanto, deberemos de mantener la fuente luminosa lo más cerca posible del material de restauración.
- **Intensidad:** La intensidad mínima que debemos de exigir a las unidades de fotoactivación de composites es de 350-400 mW/cm².⁸
- **Tiempo de exposición:** Normalmente, entre 20-40 segundos, dependiendo de la lámpara que utilicemos.

1.4.2 Dinámica de la Polimerización

Durante el proceso de polimerización tienen lugar dos fenómenos en el material: el desarrollo de las propiedades mecánicas óptimas del tipo de resina que hemos seleccionado y la contracción de polimerización y estrés que ésta genera.⁶

La cantidad de contracción experimentada por un composite está determinada por la cantidad de relleno inorgánico y su composición y también por su grado de conversión. A mayor porcentaje de relleno, hace que la cantidad de resina sea menor, con lo que lo es también la cantidad de contracción. Debido a la relación existente entre la contracción de polimerización y el grado de conversión, hemos de dar suma importancia a este último parámetro ya que presenta una gran influencia en la mayoría de propiedades físico-mecánicas de la restauración, como pueden ser: la resistencia al desgaste, la resistencia a las fuerzas de compresión y de tracción, la estabilidad dimensional, la absorción de agua, la estabilidad de color y la biocompatibilidad.⁸

1.5 ESTRÉS DE CONTRACCIÓN

La contracción de polimerización constituye uno de los principales desafíos en el uso de resinas compuestas, debido a que la reducción de volumen que experimenta el material durante su endurecimiento puede generar tensiones en la interfase adhesiva (zona de contacto entre el tejido dental y el material restaurador). Estas tensiones pueden ejercer fuerzas sobre las paredes de la cavidad y favorecer la aparición de brechas marginales (pequeños espacios entre el diente y la restauración). Como consecuencia, pueden presentarse fenómenos como microfiltración, pigmentación de los márgenes, sensibilidad posoperatoria y un mayor riesgo de caries secundaria. Según las condiciones en las que ocurre este fenómeno, es posible distinguir entre contracción libre y contracción efectiva.⁹

Contracción libre: se presenta cuando la resina compuesta no está adherida a las superficies que la rodean. En estas condiciones, el material puede reducir su volumen sin encontrar restricciones adhesivas, por lo que tiende a contraerse hacia el centro de su propia masa. Al no existir una unión que limite este movimiento, la contracción puede desarrollarse sin generar tensiones significativas. Este comportamiento permite comprender la diferencia entre la contracción volumétrica del material y las tensiones que pueden producirse cuando su desplazamiento está restringido.

Contracción efectiva: ocurre cuando la resina está adherida a una superficie, lo que modifica la dirección en la que puede contraerse. La unión adhesiva limita el desplazamiento del material en la zona adherida y favorece que la deformación se distribuya hacia las regiones libres. Mientras exista suficiente capacidad de flujo y deformación, la contracción puede compensarse sin producir tensiones importantes. Sin embargo, este comportamiento cambia cuando el material adquiere rigidez durante la polimerización.

En las restauraciones dentales, la resina suele encontrarse limitada por las paredes de la preparación cavitaria, lo que dificulta su contracción libre. Durante la etapa inicial de la polimerización, denominada fase pregel (periodo en el que el material todavía conserva una capacidad considerable de fluir), la reducción de volumen puede compensarse parcialmente mediante el desplazamiento de la resina desde las superficies libres hacia las zonas adheridas. Por esta razón, las tensiones generadas en la interfase dentina-resina son relativamente reducidas durante esta etapa.

A medida que avanza la reacción y se alcanza el punto gel (momento en el que comienza a formarse una estructura polimérica suficientemente rígida para limitar el flujo del material), la resina pierde progresivamente su capacidad de deformarse para compensar la contracción. En consecuencia, una mayor proporción de la

reducción volumétrica se traduce en estrés de contracción (tensión interna generada cuando el material intenta contraerse, pero encuentra resistencia). Esta tensión puede transmitirse a la unión adhesiva entre la dentina y la restauración.

Durante la fase postgel (etapa posterior a la formación de la estructura rígida del polímero), la contracción continúa y las tensiones pueden aumentar. Si estas superan la resistencia de la unión adhesiva, puede producirse una separación parcial o total en la interfase dentina-resina, dando lugar a brechas que facilitan la penetración de fluidos, bacterias y pigmentos. Este fenómeno se relaciona con la microfiltración marginal. Por el contrario, cuando la unión adhesiva resiste las tensiones generadas, parte de la deformación puede ser absorbida por el material restaurador y por los tejidos dentales circundantes, que experimentan pequeños desplazamientos o deformaciones.

La magnitud del estrés de contracción no depende exclusivamente de la cantidad de volumen que pierde la resina, sino también de las propiedades viscoelásticas del material (capacidad de combinar comportamientos viscosos, asociados al flujo, y elásticos, relacionados con la recuperación de la forma), así como de las características de la cavidad y de la unión adhesiva. Estos factores influyen en la manera en que se distribuyen y compensan las tensiones durante la polimerización. Aunque la deformación de la resina y de las estructuras dentales puede contribuir a mantener la integridad de la interfase, la unión debe soportar las tensiones residuales que persisten después del endurecimiento.⁹

Por lo tanto, la contracción volumétrica y el estrés de contracción son fenómenos relacionados, pero no equivalentes. La reducción de volumen no produce necesariamente una falla adhesiva, ya que sus consecuencias dependen de las restricciones que presenta el material y de su capacidad para disipar las tensiones. En este sentido, la formación de brechas marginales o el mantenimiento de una interfase íntegra están condicionados, en gran medida, por el estrés desarrollado durante la polimerización y por la capacidad de la unión adhesiva para resistirlo.⁹

1.6 RESINAS COMPUESTAS HÍBRIDAS

Las resinas compuestas híbridas se caracterizan por estar constituidas por una matriz orgánica polimérica reforzada con partículas de relleno inorgánico, principalmente vidrios de distinta composición y tamaño.¹² Generalmente, presentan una proporción considerable de material de relleno, que puede alcanzar o superar el 60 % de su composición total. El tamaño de las partículas suele encontrarse entre 0,6 y 1 μm , y pueden incorporar sílice coloidal con partículas cercanas a 0,04 μm . Debido a la combinación de sus componentes, estos materiales se utilizan ampliamente en odontología restauradora.

Entre sus principales características destacan la disponibilidad de una amplia gama de colores y su capacidad para integrarse visualmente con los tejidos dentales naturales. Asimismo, presentan una absorción de agua relativamente baja, buenas propiedades de pulido y texturización, y un comportamiento frente a la abrasión que puede aproximarse al de la estructura dental. Su coeficiente de expansión térmica también puede ser similar al del diente, lo que contribuye a su desempeño clínico. Además, existen formulaciones con distintos niveles de opacidad, translucidez y fluorescencia, lo que permite utilizarlas en diferentes situaciones restauradoras, tanto en dientes anteriores como posteriores.¹³

Las resinas compuestas híbridas constituyen una alternativa importante en la odontología restauradora debido a que combinan características estéticas y mecánicas que favorecen su versatilidad clínica. Su formulación incorpora partículas de diferentes tamaños, con el propósito de equilibrar la resistencia del material, la calidad de la superficie y la facilidad de manipulación. Esta combinación permite emplearlas en restauraciones que requieren tanto funcionalidad como una apariencia semejante a la de los tejidos dentales.

1.6.1. Composición

Las resinas compuestas híbridas están integradas por tres componentes principales:

Fase orgánica (matriz polimérica): está formada por monómeros como Bis-GMA (bisfenol A glicidil dimetacrilato), UDMA (dimetacrilato de uretano) y TEGDMA (dimetacrilato de trietilenglicol). Estos compuestos participan en la formación de la matriz durante la polimerización y contribuyen a la cohesión del material.¹³

Fase inorgánica (partículas de relleno): comprende partículas de vidrio, cuarzo, sílice coloidal y otros materiales inorgánicos que mejoran las propiedades mecánicas y pueden disminuir la contracción volumétrica de la matriz orgánica. El contenido de relleno puede situarse aproximadamente entre el 60 y el 80 %, mientras que el tamaño de las partículas varía según la formulación, con valores que pueden abarcar desde 0,04 hasta 1 μm .

Agente de unión (silano): es una sustancia que favorece la unión química entre las partículas inorgánicas y la matriz orgánica. Esta interacción permite mejorar la transferencia de esfuerzos entre ambas fases y contribuye a la integridad estructural y al comportamiento mecánico de la restauración.

1.6.2. Propiedades destacadas

Las resinas compuestas híbridas presentan diversas propiedades que favorecen su utilización en procedimientos restauradores:

Resistencia mecánica: su contenido de partículas de relleno contribuye a soportar las fuerzas generadas durante la masticación, por lo que pueden utilizarse en restauraciones de dientes anteriores y posteriores, según las indicaciones del material.¹³

Estética: disponen de diferentes tonalidades y grados de opacidad y translucidez, lo que facilita su adaptación visual al color y las características ópticas de los dientes naturales.

Fluorescencia: algunas formulaciones presentan propiedades fluorescentes que contribuyen a reproducir la apariencia óptica de los tejidos dentales bajo determinadas condiciones de iluminación.

Contracción de polimerización: la proporción y las características del relleno inorgánico pueden contribuir a reducir la contracción volumétrica en comparación con materiales que contienen una mayor proporción de matriz orgánica. Sin embargo, la magnitud de la contracción depende también de la composición de los monómeros y del grado de conversión alcanzado durante la polimerización.

Pulido y brillo superficial: permiten obtener superficies lisas y brillantes, lo que favorece la apariencia estética de la restauración y facilita el mantenimiento de su acabado superficial.

Absorción de agua: suelen presentar una absorción de agua relativamente baja, aunque esta propiedad depende de la composición de la matriz orgánica y de las características del relleno. Una menor absorción puede ayudar a limitar los cambios dimensionales y el deterioro relacionados con la exposición prolongada a la humedad.

Resistencia al desgaste: su comportamiento frente a la abrasión depende de la cantidad, el tamaño y la distribución de las partículas de relleno, así como de las propiedades de la matriz. Estas características influyen en el desgaste de la restauración y en su interacción con los dientes antagonistas.

Indicaciones clínicas

Las resinas compuestas híbridas pueden utilizarse para restaurar cavidades de las clases I, II, III, IV y V, de acuerdo con las características del material y las condiciones clínicas. También se emplean en la reconstrucción de dientes anteriores fracturados, el cierre de diastemas, la corrección de alteraciones en la forma dental y la elaboración de carillas directas con fines estéticos.

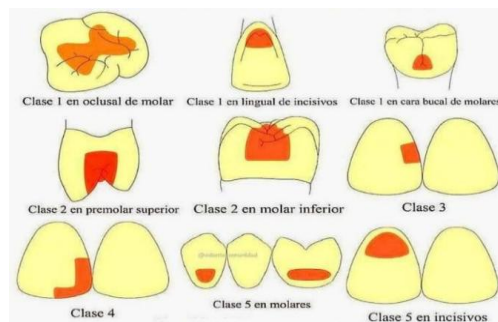


Figura 5. Clasificación de cavidades según Black.

1.7 COMPOSITES FLUIDOS

Las resinas compuestas fluidas se caracterizan por presentar una viscosidad menor que la de las resinas convencionales, lo que facilita su manipulación y adaptación a las superficies dentales. Esta propiedad se consigue, principalmente, mediante una reducción en la proporción de relleno inorgánico y modificaciones en la composición de la matriz resinosa, incluyendo ajustes en los componentes que influyen en su comportamiento reológico (propiedades relacionadas con la fluidez y la deformación de un material).

Entre sus principales ventajas se encuentra su capacidad para humectar y adaptarse a las irregularidades de la superficie dental, favoreciendo el contacto con las paredes de la cavidad. Su consistencia permite aplicar capas delgadas y facilita la adaptación del material en zonas de difícil acceso, lo que puede reducir la incorporación de burbujas de aire durante su colocación. Además, algunas formulaciones presentan flexibilidad y capacidad de deformación que pueden resultar útiles en determinadas zonas sometidas a tensiones. También existen productos con diferentes tonalidades y propiedades radiopacas (capacidad de distinguir el material en las radiografías). Sin embargo, la reducción del contenido de relleno puede asociarse con una mayor contracción de polimerización y una menor resistencia mecánica en comparación con algunas resinas convencionales, aunque estas propiedades varían según la composición específica del producto.¹⁴

Las resinas compuestas fluidas tienen diversas aplicaciones clínicas, entre las que destacan las restauraciones de cavidades clase V y el tratamiento de lesiones cervicales no cariosas. Asimismo, pueden utilizarse en pequeñas restauraciones oclusales y como materiales de base o revestimiento en cavidades clase I y II, cuando las condiciones clínicas y las indicaciones del fabricante lo permitan. Su empleo en zonas con esmalte socavado o en áreas de difícil acceso debe evaluarse de acuerdo con las propiedades mecánicas del material y las exigencias funcionales de la restauración.¹⁴

En los materiales restauradores a base de resina, la polimerización se produce habitualmente mediante la activación de un fotoiniciador con luz azul, lo que desencadena una reacción química que transforma los monómeros en una estructura polimérica rígida. La matriz orgánica contiene partículas de relleno inorgánico, como vidrio, cerámica o cuarzo, distribuidas en su interior. Estas partículas desempeñan un papel importante en las propiedades físicas y mecánicas del material, ya que influyen en la resistencia al desgaste, la resistencia a la tracción y a la compresión, la viscosidad y el comportamiento durante la manipulación.

Para conseguir una unión adecuada entre la estructura dental y la resina compuesta, se requiere un protocolo adhesivo compatible con el material restaurador. En los sistemas que utilizan grabado ácido de la dentina, este procedimiento permite modificar la superficie dentinaria y eliminar o alterar el barrillo dentinario (capa de residuos producida durante la instrumentación dental), favoreciendo la exposición de los túbulos dentinarios y de la red de fibras de colágeno. El tiempo de aplicación del ácido debe ajustarse a las instrucciones del fabricante y al tipo de sistema adhesivo; en los protocolos convencionales, el grabado de la dentina suele limitarse a aproximadamente 15 segundos. Posteriormente, se elimina el ácido mediante un lavado abundante, evitando desecar excesivamente la dentina.

A continuación, se aplica el sistema adhesivo de acuerdo con las indicaciones específicas del producto, procurando una adecuada impregnación de la superficie acondicionada y de la red de colágeno expuesta. Después de realizar la evaporación del solvente, cuando corresponda, el adhesivo se fotopolimeriza durante el tiempo indicado por el fabricante. Finalmente, la resina compuesta se coloca siguiendo la técnica de inserción recomendada para el material, que puede incluir la aplicación en incrementos delgados y la fotopolimerización de cada uno de ellos. El tiempo de exposición a la luz debe ajustarse a las instrucciones del fabricante, al espesor del incremento y a las características de la lámpara utilizada.¹⁴

1.8 TÉCNICA SNOWPLOW

La técnica *Snowplow* es un procedimiento de restauración con resina compuesta que consiste en la aplicación de una capa delgada de resina fluida sobre la superficie interna de la cavidad, seguida de la colocación de una resina compuesta convencional sin realizar la fotopolimerización previa de la primera capa. Posteriormente, ambos materiales se fotopolimerizan de manera simultánea, permitiendo que la presión ejercida durante la inserción de la resina convencional favorezca la distribución de la resina fluida sobre las irregularidades de la cavidad y en las zonas de difícil acceso.¹⁹

El fundamento de esta técnica se relaciona con las diferencias de viscosidad entre ambos materiales. La resina fluida presenta una menor viscosidad, lo que facilita su desplazamiento y adaptación a la superficie de la preparación; por su parte, la resina compuesta convencional proporciona el volumen principal de la restauración. Al colocar esta última sobre la capa fluida aún sin polimerizar, la presión generada durante la inserción puede desplazar parte de la resina fluida hacia las zonas marginales e irregularidades de la cavidad, formando una capa delgada en la interfaz entre el material restaurador y el tejido dental.²⁰

Para llevar a cabo el procedimiento, primero se prepara la cavidad y se aplica el sistema adhesivo de acuerdo con las indicaciones del fabricante. A continuación, se coloca una capa fina de resina compuesta fluida en la zona que se desea restaurar, sin fotopolimerizarla. Inmediatamente después, se inserta la resina compuesta convencional mediante la técnica de colocación seleccionada, ejerciendo una presión controlada para favorecer la adaptación de los materiales. Finalmente, se realiza la fotopolimerización conjunta, siguiendo las indicaciones correspondientes a los materiales empleados.²⁰

La respuesta de esta técnica puede estar relacionada con diversos factores, entre ellos el espesor de la capa fluida, la viscosidad de las resinas, la presión ejercida durante la inserción, el sistema adhesivo utilizado y las condiciones de fotopolimerización. Por esta razón, la técnica Snowplow se ha estudiado como una alternativa para analizar la adaptación marginal y la microfiltración en restauraciones de resina compuesta, especialmente en cavidades proximales de Clase II.¹⁹ No obstante, sus resultados pueden variar según los materiales y el protocolo experimental empleados.

2. JUSTIFICACIÓN

La microfiltración marginal constituye uno de los principales problemas asociados con las restauraciones realizadas con resina compuesta, debido a la formación de espacios o discrepancias en la interfase entre el tejido dental y el material restaurador. Esta situación puede favorecer la penetración de fluidos, microorganismos y sustancias provenientes del medio bucal, lo que puede comprometer la adaptación marginal y la longevidad de la restauración. En particular, las cavidades Clase V representan un reto clínico debido a su ubicación, características anatómicas y a la dificultad para lograr una adecuada adaptación del material restaurador en los márgenes, especialmente cuando estos se encuentran próximos o sobre dentina y cemento.

La presencia de microfiltración puede ocasionar diversas consecuencias clínicas, entre ellas sensibilidad postoperatoria, pigmentación marginal, deterioro de la restauración y, principalmente, el desarrollo de caries secundaria. Por esta razón, resulta importante investigar técnicas restauradoras que permitan mejorar la adaptación entre el tejido dental y la resina compuesta, disminuyendo la formación de espacios vacíos en dicha interfase. El desarrollo y evaluación de nuevas técnicas de colocación de los materiales restauradores representa una alternativa para mejorar el comportamiento de las restauraciones y favorecer su permanencia a largo plazo.

En este contexto, la técnica Snowplow propone el empleo de una capa de resina compuesta fluida sobre la superficie previamente acondicionada, seguida de la colocación de una resina compuesta convencional antes de la fotopolimerización. Esta técnica busca favorecer la adaptación del material restaurador a las irregularidades de la preparación y disminuir la presencia de espacios en la interfase diente-restauración. Sin embargo, es necesario evaluar experimentalmente su comportamiento y determinar si su aplicación puede contribuir a disminuir la microfiltración marginal en restauraciones Clase V.

La importancia de realizar esta investigación radica en la necesidad de generar evidencia que permita determinar la eficacia de la técnica Snowplow como alternativa dentro de los procedimientos restauradores con resina compuesta. Los resultados obtenidos permitirán aportar información sobre el comportamiento de esta técnica frente al problema de la microfiltración, contribuyendo al conocimiento científico relacionado con la adaptación marginal de los materiales restauradores. Asimismo, el estudio puede servir como referencia para futuras investigaciones que evalúen diferentes técnicas de colocación, materiales restauradores o condiciones experimentales.

Desde el punto de vista práctico, los resultados podrían contribuir a la selección

de procedimientos restauradores orientados a mejorar la adaptación marginal y disminuir los factores relacionados con la formación de espacios en la interfase diente-restauración. Una mejor adaptación marginal podría favorecer la estabilidad de las restauraciones y disminuir el riesgo de complicaciones asociadas con la microfiltración, como la caries secundaria y el deterioro marginal. De esta manera, el conocimiento obtenido puede tener relevancia tanto para la práctica clínica como para la formación de estudiantes y profesionales del área odontológica.

Los principales beneficiarios de esta investigación serán los pacientes que requieran restauraciones con resina compuesta en cavidades Clase V, al contribuir al conocimiento de alternativas que podrían favorecer la calidad y longevidad de sus restauraciones. De igual manera, los cirujanos dentistas y estudiantes de odontología podrán beneficiarse de la información obtenida, ya que los resultados pueden servir como referencia para comprender y valorar el uso de la técnica Snowplow. Finalmente, la comunidad académica y científica podrá utilizar los resultados como antecedente para futuras investigaciones relacionadas con la microfiltración, adaptación marginal y técnicas restauradoras con resina compuesta.

Por lo anterior, esta investigación se justifica por la necesidad de evaluar la eficacia de la técnica Snowplow en la reducción de la microfiltración marginal en restauraciones Clase V, con el propósito de aportar evidencia que permita determinar su utilidad y contribuir al desarrollo de procedimientos restauradores que favorezcan una adecuada adaptación entre el diente y la restauración.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la frecuencia y el grado de penetración de fuscina básica en restauraciones Clase V de molares humanos realizadas mediante la técnica Snowplow bajo condiciones experimentales evaluadas?

4. HIPOTESIS

Las restauraciones Clase V de molares humanos realizadas mediante la técnica Snowplow presentarán una baja frecuencia y un bajo grado de penetración de fucsina básica bajo las condiciones experimentales evaluadas.

5. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la presencia y el grado de penetración de fuscina básica en la interfase diente-restauración de cavidades Clase V restauradas mediante la técnica Snowplow.

6. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Describir hallazgos y patrones de penetración observados en las restauraciones mediante la evaluación microscópica de las muestras.
2. Cuantificar la frecuencia y el grado de microfiltración de las restauraciones Clase V realizadas mediante la técnica Snowplow, utilizando la penetración de fucsina básica como indicador y una escala de evaluación previamente definida.
3. Determinar la frecuencia de microfiltración de acuerdo con la localización de penetración del colorante y analizar su relación con el grado de penetración observado en las restauraciones evaluadas.

7. MATERIALES Y METODOS

Se realizó un estudio piloto (experimental in vitro) para evaluar la microfiltración en cavidades Clase V restauradas con la técnica snowplow en molares.

Materiales: Veinte molares humanos donados, extraídos por razones quirúrgicas o de enfermedad periodontal, fueron almacenados en formol al 10% durante un periodo no mayor a un mes y se mantuvieron bajo las mismas condiciones de conservación y manipulación antes de la preparación de las cavidades. Por lo tanto, aunque no podrá descartarse completamente una posible influencia del medio de almacenamiento sobre los valores de microfiltración obtenidos, la estandarización de las condiciones de conservación y del tiempo máximo previo a la experimentación permitirá mantener este factor controlado entre los especímenes.

Se les realizaron cavidades de Clase V estandarizadas (4 mm de ancho, 2 mm de alto y 1.5 mm de profundidad) en la cara vestibular de cada molar.

Sistema adhesivo Single Bond, resina compuesta híbrida, resina compuesta fluida Filtek Flow, ácido fosfórico al 34.5%. El sistema adhesivo Single Bond fue aplicado sobre la superficie de la cavidad previamente acondicionada, siguiendo el protocolo establecido para el material. Posteriormente, se colocó una capa de resina compuesta fluida Filtek Flow con un espesor aproximado de 0.5 mm, procurando cubrir uniformemente las paredes internas de la cavidad. La resina fluida se fotocuró de acuerdo con el tiempo recomendado por el fabricante.

Posteriormente, se realizó la inserción de la resina compuesta híbrida mediante técnica incremental, colocando una cantidad suficiente para completar el volumen de la cavidad. El material fue adaptado cuidadosamente a las paredes cavitarias para evitar la formación de espacios o burbujas. Los excesos de material fueron retirados antes de la fotopolimerización mediante instrumental manual, procurando conservar la anatomía y los límites de la restauración. Finalmente, la resina compuesta fue fotopolimerizada durante 20 segundos, manteniendo la fuente de luz perpendicular y lo más cercana posible a la superficie restaurada.

Solución de fucsina básica al 2%. A las piezas se les realizó un corte longitudinal vestibulolingual con un disco de diamante Komet 918B/220, obteniendo un total de 40 secciones, para su análisis con un estereomicroscopio con aumento de 20X.

Termómetro.

Lámpara de fotocurado, voltios y capacidad: 3.7V/200mAh; Fuente de luz: luz azul; Onda de luz: 420 nm a 480 nm; Intensidad de luz: 100mW/cm; Potencia 1200 mW/cm²-2300 mW/cm²; Dimensiones: 31 mm x 34mm x 260 mm.

Estereomicroscopio con un aumento de 20X.

7.1 LUGAR DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el Laboratorio de Bioquímica y Microbiología Oral de la Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y el Laboratorio de la Universidad Cuauhtémoc de San Luis Potosí Campus Nava

7.2 GRUPO DE ESTUDIO

Veinte molares humanos donados que se extrajeron por razones quirúrgicas (Dientes retenidos o impactados, patología periapical, indicación ortodóntica) o de enfermedad periodontal.

7.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN

- Molares extraídos por razones quirúrgicas, ortodónticas o periodontales, sin relación con alteraciones estructurales del tejido dental.
- Dientes con estructura coronaria íntegra en la superficie vestibular donde se realizará la cavidad.
- Dientes libres de caries en la superficie a utilizar.
- Dientes sin restauraciones previas en la superficie vestibular.
- Dientes sin fracturas, fisuras o defectos estructurales visibles en la zona donde se realizará la preparación.
- Dientes sin desgaste excesivo que pueda comprometer la estandarización de la cavidad.
- Dientes con raíces completamente formadas y sin evidencia de reabsorción radicular

7.3.1 CRITERIOS DE INCLUSION

- Molares humanos permanentes extraídos por razones no relacionadas con patologías dentales que afecten su estructura.

- Dientes libres de caries, fracturas, restauraciones previas o desgaste excesivo.
- Dientes con raíces completamente formadas y sin evidencia de reabsorción radicular.

7.3.2 CRITERIOS DE EXCLUSION

- Dientes con caries activas o restauraciones previas en las superficies a ser utilizadas.
- Molares con anomalías de forma, tamaño o desarrollo.
- Dientes con presencia de fisuras o fracturas visibles en las áreas cervicales.
- Molares tratados con agentes químicos que puedan alterar la adhesión, como clorhexidina o hipoclorito de sodio.

7.3.3 CRITERIOS DE ELIMINACIÓN

- Muestras que presenten fracturas o daños durante el proceso de preparación de las cavidades o restauraciones.
- Restauraciones defectuosas o con presencia de burbujas visibles al momento de la fotopolimerización.
- Muestras que no se puedan seccionar adecuadamente o que resulten incompletas tras el corte longitudinal.

7.4 TABLA DE VARIABLES

Variable	Definición	Tipo	Medición
----------	------------	------	----------

Material restaurador	Material utilizado para obturar las cavidades Clase V (Híbrido, fluido, combinado)	Cualitativa nominal	Clasificación en: Resina híbrida (Z100), Resina fluida (Filtek Flow), Resina fluida + híbrida (fotocurado separado), Resina fluida + híbrida (juntos)
Técnica de fotocurado	Protocolo utilizado para la polimerización de los materiales restauradores	Cualitativa nominal	Clasificación en: Fotocurado conjunto
Grado de microfiltración	Penetración de la solución de fucsina básica en las interfaces restauración-diente	Cualitativa ordinal	Longitud de penetración de la fucsina en una escala de grados de 0-4 medida en las dos secciones obtenidas

7.5 PLAN DE TRABAJO

- Se elaboró el protocolo de estudio en la Universidad Cuauhtémoc San Luis Potosí. Posteriormente, el protocolo fue puesto a consideración del Comité de Ética de la Facultad de Odontología de la Universidad Cuauhtémoc San Luis Potosí para su revisión y aprobación, de acuerdo con los lineamientos establecidos para el desarrollo de la investigación (Anexo 1).
- Una vez obtenida la aprobación correspondiente, el ensayo se seleccionaron los 20 órganos dentarios correspondientes a los criterios establecidos para el estudio.
- Se obtuvieron las 20 piezas donadas por pacientes a los que se les entregó un consentimiento informado respecto al estudio a realizar.
- Se realizó la limpieza de sus superficies con piedra pómez, con la finalidad de eliminar residuos y permitir una adecuada preparación de las muestras.
- Posteriormente, se realizaron cavidades Clase V estandarizadas en la superficie vestibular de cada molar con una fresa de carburo en forma de Pera. Fresa FG (Para pieza de alta velocidad), con dimensiones de 4 mm de ancho, 2 mm de alto y 1.5 mm de profundidad en el laboratorio de la Universidad Cuauhtémoc de San Luis Potosí. Las cavidades fueron preparadas procurando mantener las dimensiones establecidas para cada muestra con una sonda periodontal.
- Una vez preparadas las cavidades, se realizó el acondicionamiento de las superficies mediante la aplicación de ácido fosfórico al 34.5% durante 15 segundos. Posteriormente, las cavidades fueron enjuagadas con agua y secadas cuidadosamente. Se aplicó el sistema adhesivo Single Bond de acuerdo con las indicaciones del fabricante y se realizó la fotopolimerización durante 20 segundos.
- Las muestras fueron restauradas con resina compuesta fluida y resina compuesta híbrida. Se colocó la resina fluida seguida de la resina híbrida y ambas fueron fotopolimerizadas en conjunto, de acuerdo con el protocolo establecido.
- Una vez finalizadas las restauraciones, las muestras fueron sometidas al proceso de termociclado un proceso de envejecimiento experimental mediante ciclos térmicos, con el propósito de someter las restauraciones a cambios repetidos de temperatura que generen estrés térmico sobre la interfaz diente-restauración. Este procedimiento buscará reproducir, bajo condiciones controladas de laboratorio, las variaciones de temperatura a las que pueden estar expuestos los materiales restauradores en el medio bucal, permitiendo evaluar su comportamiento ante estos cambios térmicos.
- Este procedimiento consistió en 500 ciclos en agua, alternando temperaturas de 5 °C y 55 °C, con un tiempo de permanencia en cada baño de 20 segundos. La transferencia de las piezas entre baños fue de manera inmediata, procurando minimizar el intervalo de tiempo entre la salida de un baño y la inmersión en el siguiente, con la finalidad de someter las restauraciones a cambios térmicos controlados.
- Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) Facultad de Estomatología, donde se realizaron los procedimientos correspondientes a la tinción, corte y evaluación microscópica. Las muestras fueron sumergidas en

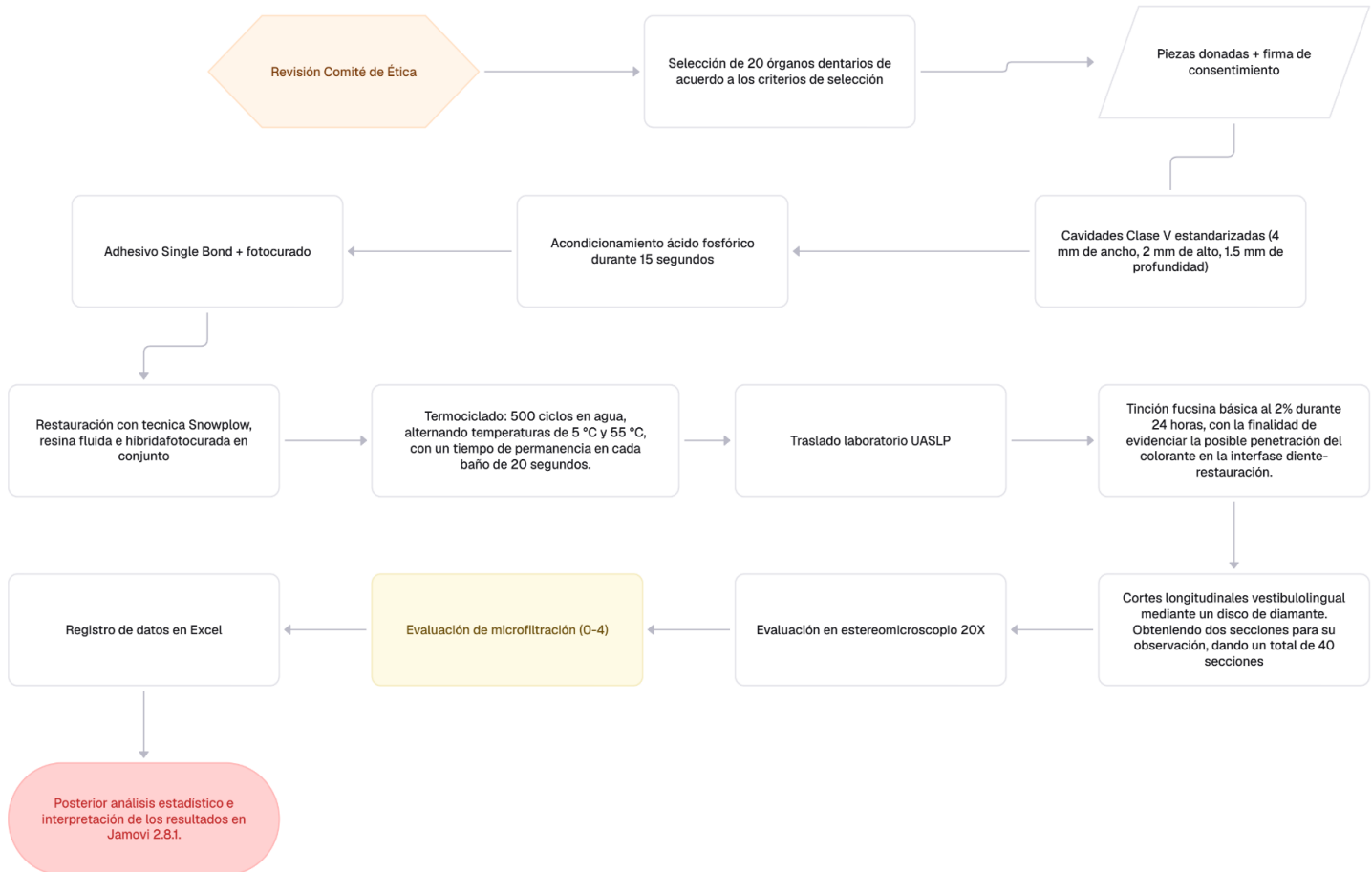
una solución de fucsina básica al 2% durante 24 horas, con la finalidad de evidenciar la posible penetración del colorante en la interfase diente-restauración.

- Después del proceso de tinción, las muestras fueron enjuagadas y se realizaron cortes longitudinales vestibulolingual mediante un disco de diamante. Obteniendo dos secciones para su observación, dando un total de 40 secciones y fueron examinadas en un estereomicroscopio con un aumento de 20X.
- El grado de microfiltración fue evaluado mediante una escala cualitativa de acuerdo con la profundidad de penetración del colorante en la interfase diente-restauración. La evaluación se realizó mediante una escala de 0 a 4, donde el grado 0 correspondió a la ausencia de microfiltración o a una penetración mínima del colorante, sin extensión apreciable a lo largo de la interfase diente-restauración; el grado 1 correspondió a la penetración del colorante limitada a la pared superficial de la cavidad, sin alcanzar la pared axial; el grado 2 correspondió a la penetración del colorante a lo largo de la interfase diente-restauración, alcanzando la pared axial, sin llegar al suelo pulpar; el grado 3 correspondió a la penetración del colorante hasta el suelo pulpar de la cavidad; y el grado 4 correspondió a la penetración del colorante hasta el suelo pulpar, con extensión hacia la dentina profunda o más allá del límite de la cavidad.
- Para determinar la localización de la microfiltración, cada sección obtenida mediante el corte en sentido vestibulolingual fue dividida en tres tercios de igual extensión, tomando como referencia la dimensión ocluso-apical de la restauración. El tercio oclusal correspondió a la porción más cercana al margen oclusal de la restauración; el tercio medio correspondió a la porción central; y el tercio apical correspondió a la porción más cercana al margen apical de la restauración. La penetración del colorante fue evaluada en cada una de estas zonas para determinar tanto el grado de microfiltración como su localización dentro de la interfase diente-restauración. Para la clasificación de la localización de la microfiltración se establecieron las siguientes categorías: ninguno, cuando no se observó penetración del colorante; apical, cuando la penetración se presentó únicamente en el tercio apical; oclusal, cuando la penetración se presentó únicamente en el tercio oclusal; oclusal y apical, cuando la penetración se presentó simultáneamente en los tercios oclusal y apical; zona media, cuando la penetración se presentó únicamente en el tercio medio; y zona media y oclusal, cuando la penetración se presentó simultáneamente en los tercios medio y oclusal.
- Durante la evaluación de las muestras, se observó que varias piezas dentales presentaban penetración del colorante en la región radicular. Sin embargo, esta pigmentación no se consideró para la clasificación del grado de microfiltración, debido a que el criterio de evaluación se centró exclusivamente en la penetración del colorante a través de la interfase diente-restauración de las cavidades Clase V. Por lo tanto, únicamente se registró la penetración que pudo relacionarse con los márgenes de la restauración y su extensión hacia el interior de la cavidad, de acuerdo con la escala establecida de 0 a 4. La pigmentación procedente de la región radicular se

consideró independiente del fenómeno evaluado, con el propósito de evitar atribuir a la restauración una penetración del colorante cuya vía de acceso no correspondiera a la interfase analizada.

- Finalmente, los datos obtenidos durante la evaluación de las muestras fueron registrados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel para su organización y posterior análisis estadístico e interpretación de los resultados en Jamovi 2.8.1.

7.6 DIAGRAMA DE FLUJO



7.7 CONSIDERACIONES ETICAS:

El protocolo de investigación fue sometido a la evaluación y aprobación del Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad Cuauhtémoc, San Luis Potosí, previo al inicio de las actividades experimentales. De

esta manera, la obtención y utilización de los molares donados se llevó a cabo bajo criterios éticos y científicos, garantizando que su uso fuera exclusivamente con fines de investigación y respetando la voluntad de los donantes.

El presente estudio se realizó bajo los principios éticos establecidos para la investigación en el área de la salud, respetando en todo momento la autonomía, dignidad y derechos de las personas involucradas. Los órganos dentarios utilizados en el estudio correspondieron a molares humanos que fueron donados voluntariamente para fines de investigación, los cuales habían sido extraídos previamente por indicación terapéutica y no con el propósito específico de participar en el presente estudio.

Previo a la donación de los órganos dentarios, se proporcionó a cada donante información clara y suficiente respecto al uso que se daría a los molares dentro de la investigación. Asimismo, se obtuvo un consentimiento informado por escrito, mediante el cual los donantes manifestaron de manera libre y voluntaria su autorización para que los órganos dentarios extraídos fueran utilizados con fines académicos y científicos. La donación de los molares no implicó procedimientos adicionales ni modificó las indicaciones clínicas establecidas para su extracción.

La utilización de los órganos dentarios donados se realizó de acuerdo con los principios establecidos en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, el cual contempla la investigación que involucra órganos, tejidos y sus derivados, incluyendo aspectos relacionados con su obtención, conservación, utilización y destino final. Asimismo, se consideraron los criterios establecidos en la NOM-012-SSA3-2012 para la ejecución de proyectos de investigación para la salud.

Con el propósito de proteger la privacidad de los donantes, los órganos dentarios fueron manejados de manera independiente de los datos personales de quienes los donaron, evitando cualquier información que permitiera su identificación. La información obtenida durante el proceso de donación fue utilizada exclusivamente para los fines establecidos en el protocolo de investigación.

En relación con la bioseguridad y el manejo de los residuos generados durante el estudio, se implementaron las medidas correspondientes para su separación, identificación, almacenamiento y disposición final, de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, referente a la protección ambiental y al manejo de residuos peligrosos biológico-infecciosos (RPBI). Durante las actividades experimentales se utilizaron medidas de protección personal y se realizó la separación de los residuos de acuerdo con su naturaleza. Los órganos dentarios y materiales que, por sus características y condiciones de

manejo, fueron considerados residuos biológico-infecciosos, se colocaron en los recipientes destinados para tal fin, evitando su disposición junto con los residuos comunes. Una vez concluido el estudio, los residuos fueron destinados para su manejo y disposición final conforme a los procedimientos institucionales de bioseguridad y a la normatividad aplicable

7.8 CONFLICTO DE INTERES

El investigador principal y asesores declaran no tener conflicto de interés en el protocolo.

7.9 DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

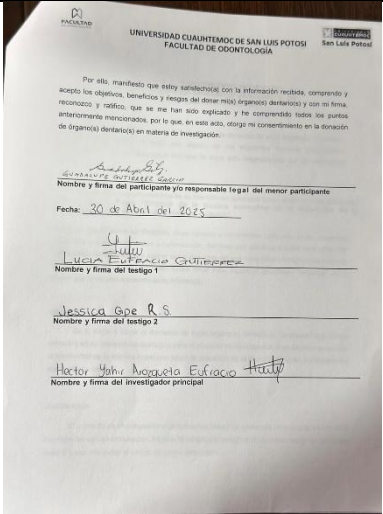
 UNIVERSIDAD CUAHUTEMOC DE SAN LUIS POTOSÍ FACULTAD DE ODONTOLOGÍA Por ello, manifiesto que estoy satisfecho con la información recibida, comprendo y acepto los objetivos, beneficios y riesgos del donar mis órganos dentarios y con mi firma, reconozco y ratifico, que se me han sido explicado y he comprendido todos los puntos anteriormente mencionados, por lo que, en este acto, otorgo mi consentimiento en la donación de órgano(s) dentario(s) en materia de investigación. <i>[Firma]</i> Nombre y firma del participante y/o responsable legal del menor participante Fecha: 30 de Abril del 2025 <i>[Firma]</i> Nombre y firma del testigo 1 <i>[Firma]</i> Nombre y firma del testigo 2 <i>[Firma]</i> Nombre y firma del investigador principal	Figura 1. Firma de los consentimientos informados por los donantes de los órganos dentarios utilizados en el estudio.
	Figura 2. Obtención de piezas dentales acorde a los criterios de selección.



Figura 3. Preparación Clase V estandarizada en la superficie vestibular de cada molar con una fresa de carburo en forma de Pera. Fresa FG (Para pieza de alta velocidad), con dimensiones de 4 mm de ancho, 2 mm de alto y 1.5 mm de profundidad.



Figura 4. Se les aplicó ácido fosfórico al 34.5% durante 15 segundos, se enjuagó la cavidad con agua y se secó cuidadosamente. Después se aplicó el sistema adhesivo Single Bond de acuerdo con las indicaciones del fabricante y se realizó la fotopolimerización durante 20 segundos.



Figura 5. Las muestras fueron restauradas con una capa fina de resina fluida y un incremento de resina compuesta híbrida suficiente para completar el volumen de la cavidad y ambas fueron fotopolimerizadas en conjunto, de acuerdo con el protocolo establecido.

Figura 6. Una vez restauradas las muestras se sometieron al proceso de termociclado en baños que busca simular las variaciones de temperatura a las que pueden estar expuestos los materiales restauradores en el medio bucal, fueron 500 ciclos en agua, alternando temperaturas de 5 °C y 55 °C, con un tiempo de permanencia en cada baño de 20 segundos.

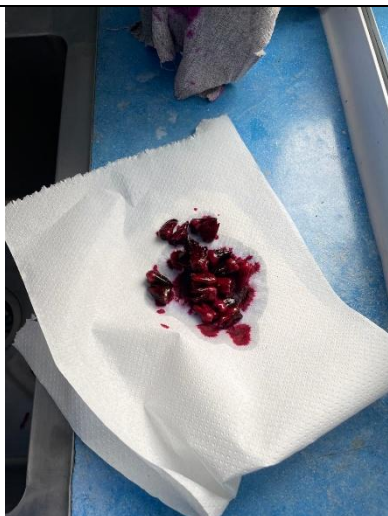


Figura 7. Las muestras fueron sumergidas en solución de fucsina básica al 2% durante 24 horas, con la finalidad de evidenciar la posible penetración del colorante en la interfase diente-restauración. Se enjuagaron con agua, se secaron y se prepararon para seccionarlas.



Figura 8. Se realizaron cortes longitudinales vestibulolingual mediante un disco de diamante. Obteniendo dos secciones para su observación, dando un total de 40 secciones y fueron examinadas en un estereomicroscopio con un aumento de 20X.



Figura 9. Muestras observadas en un estereomicroscopio con un aumento de 20X en donde hay poca o nula filtración de fucsina, presenta penetración del colorante desde la región radicular que no fue tomado en cuenta en la evaluación.

8. RESULTADOS

8.1 Distribución de la microfiltración

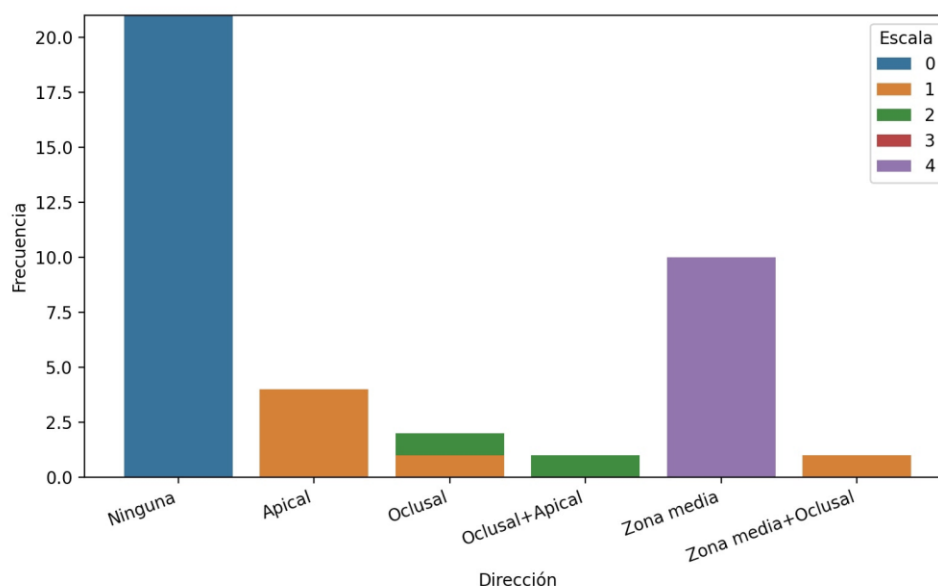
Se evaluaron un total de 40 secciones restauradas mediante la técnica Snowplow. De las muestras analizadas, 21 (52.5%) no presentaron evidencia de microfiltración, mientras que 19 (47.5%) presentaron algún grado de penetración del colorante.

LOCALIZACIÓN		0	1	2	3	4	Total
NINGUNO	Observado	21	0	0	0	0	21
	% del total						52.5%
APICAL	Observado	0	4	0	0	0	4
	% del total						10.0%
OCLUSAL	Observado	0	1	1	0	0	2
	% del total						5.0%
OCLUSAL Y APICAL	Observado	0	0	1	0	0	1
	% del total						2.5%
ZONA MEDIA	Observado	0	0	1	0	10	11
	% del total						27.5%
ZONA MEDIA Y OCLUSAL	Observado	0	1	0	0	0	1
	% del total						2.5%

PRUEBAS χ^2	VALOR	gl	p
χ^2	62.1	20	<.001
N	40		

Tabla 1. Distribución de las muestras según la localización y grado de microfiltración.

La ausencia de microfiltración correspondió al grado 0 y se presentó en 21 muestras (52.5%). Entre las muestras que presentaron microfiltración, la dirección más frecuente fue la zona media, identificada en 11 muestras (27.5%). De estas, 10 correspondieron al grado 4 y una al grado 1.

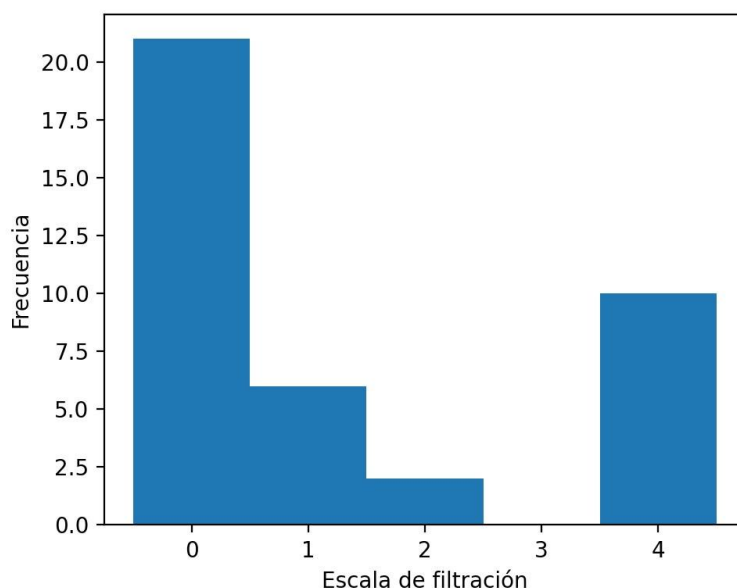


Grafica 1. Grafica de barras apiladas (Localización x escala de microfiltración).

La escala de colores de la gráfica representa los diferentes grados de microfiltración del colorante en las restauraciones dentales, clasificados en una escala de 0 a 4 según la profundidad y extensión de la penetración. El color azul, correspondiente al grado 0, indica mínima penetración del colorante o microfiltración nula, lo que refleja un adecuado sellado de la restauración. El color naranja, correspondiente al grado 1, representa una penetración del colorante limitada a la pared superficial de la cavidad, sin alcanzar la pared axial. El color verde, correspondiente al grado 2, indica que el colorante avanzó a lo largo de la interfase diente-restauración hasta alcanzar la pared axial, sin llegar al suelo pulpar. El color rojo, correspondiente al grado 3, representa una penetración del colorante que alcanza el suelo pulpar de la cavidad. Finalmente, el color morado, correspondiente al grado 4, señala la mayor severidad de microfiltración, caracterizada por la penetración del colorante hasta el suelo pulpar, con extensión hacia la dentina profunda o más allá de los límites de la cavidad.

La microfiltración en dirección apical se observó en 4 muestras (10.0%), todas correspondientes al grado 1. La dirección oclusal se presentó en 2 muestras (5.0%), distribuidas entre los grados 1 y 2. La combinación de las direcciones oclusal y apical se identificó en 1 muestra (2.5%), correspondiente al grado 2. Finalmente, la combinación de zona media y oclusal se presentó en 1 muestra (2.5%), correspondiente al grado 1.

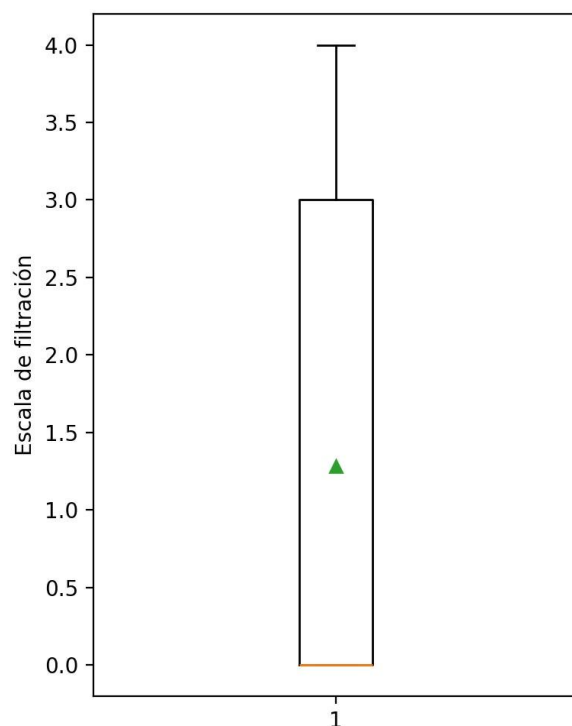
La grafica de barras apiladas muestra la distribución de los grados de microfiltracion segun la direccion de avance. Se observo que la ausencia de microfiltración fue la condición más frecuente grado 0. La zona media presentó la mayor frecuencia de microfiltración severa, predominando el grado 4, mientras que las direcciones apical, oclusal y oclusal + apical mostraron principalmente grados leves de microfiltración (grados 1 y 2).



Grafica 2. Histograma de la escala de microfiltración

En relación con la escala de microfiltración, se observó una mayor frecuencia de muestras correspondientes al grado 0, seguido de los diferentes grados de penetración registrados en las muestras que presentaron microfiltración.

El histograma muestra la distribución de las muestras de acuerdo con el grado de microfiltración. Se observó una mayor concentración de casos en el grado 0, correspondiente a la ausencia de microfiltración, seguida por el grado 4. Los grados 1 y 2 presentaron una frecuencia menor, mientras que no se registraron muestras con grado 3.



Grafica 3. Diagrama de caja (Boxplot)

El diagrama de caja permitio visualizar la dispersion de los grados de microfiltracion. La mediana se ubico en los valores bajos de la escala, reflejando el predominio de restauraciones sin microfiltración. Asimismo, se observó una distribucion asimetrica debido a la presencia de un grupo de muestras con grado 4, correspondiente a microfiltración extensa en la zona media.

8.2 Asociación entre la dirección y el grado de microfiltración

Con el propósito de determinar la existencia de una asociación entre la dirección de la microfiltración y el grado de penetración observado, se realizó una prueba de chi cuadrada (χ^2).

Los resultados mostraron una asociación estadísticamente significativa entre la dirección de la microfiltración y el grado de penetración ($\chi^2 = 62.1$; gl = 20; $p < 0.001$), considerando las 40 muestras evaluadas.

Este resultado evidencia una relación estadísticamente significativa entre ambas variables dentro de las muestras analizadas.

9. DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad de la técnica Snowplow en la reducción de la microfiltración en cavidades Clase V en molares. Los resultados mostraron que el 52.5 % de las muestras no presentó penetración detectable del colorante, mientras que el 47.5 % presentó algún grado de penetración. Bajo las condiciones experimentales del presente estudio, estos resultados describen un comportamiento favorable del sellado marginal en poco más de la mitad de las muestras, aunque no permiten afirmar que la técnica elimine por completo la microfiltración. La importancia de la integridad marginal se relaciona con la posibilidad de que los espacios en la interfase diente-restauración permitan la penetración de fluidos. En un estudio de cavidades Clase V, Goyal et al. observaron diferencias en la microfiltración según el sustrato o material empleado como base³⁷. Por su parte, Da Silva et al. estudiaron cómo el tamaño del cepillo de profilaxis influye en la microfiltración marginal y en la morfología de la capa híbrida⁴². Aunque estos trabajos evalúan variables distintas a la técnica Snowplow, respaldan la importancia de los factores que pueden afectar la interfase restauradora. Por lo tanto, los resultados del presente estudio permiten describir el comportamiento de la técnica bajo las condiciones evaluadas, pero no demostrar por sí solos su superioridad frente a otras técnicas.

En relación con la hipótesis planteada, que establecía que la técnica Snowplow no presentaría microfiltración en cavidades Clase V, los resultados no permiten sostenerla de manera absoluta, debido a que se identificó penetración del colorante en parte de las muestras. El hecho de que más de la mitad no presentara penetración detectable constituye un resultado descriptivo favorable, pero debe interpretarse junto con el porcentaje de muestras que sí presentó microfiltración. El comportamiento marginal de las restauraciones puede depender de diversos factores, entre ellos el sistema adhesivo, el material restaurador y las condiciones de envejecimiento. Fang et al., en una revisión sistemática y metaanálisis, analizaron la influencia de los sistemas adhesivos en las restauraciones con resina compuesta²³. Deb et al. compararon la microfiltración de resinas compuestas microhíbridas en cavidades Clase V utilizando distintos sistemas adhesivos²⁶. Asimismo, Kaczor et al. estudiaron la influencia del modo de grabado y de la carga termomecánica sobre la integridad marginal de adhesivos universales³⁵. Estos antecedentes justifican considerar el protocolo adhesivo y las condiciones experimentales al interpretar los resultados; no obstante, no identifican por sí solos la causa de la microfiltración observada en las muestras del presente estudio.

Los resultados también pueden ponerse en contexto con la literatura que ha evaluado la técnica Snowplow. Ölçer Us et al. compararon las técnicas incremental y Snowplow en relación con propiedades mecánicas de restauraciones de resina

compuesta¹⁹. Debido a que ese estudio se centró en propiedades mecánicas y no en la microfiltración de cavidades Clase V, la comparación con el presente trabajo debe ser indirecta. En el estudio actual, el uso de resina fluida como parte de la técnica pudo haber favorecido la adaptación inicial del material a las paredes cavitarias; sin embargo, esta explicación constituye una interpretación posible y no una relación causal demostrada por el diseño experimental.

La bibliografía del proyecto también incluye un estudio sobre microfiltración en cavidades Clase II restauradas con la técnica Snowplow y con diferentes materiales como incremento gingival²⁰. Si se confirma la identidad y los datos bibliográficos completos de esta publicación, podrá utilizarse como antecedente relacionado con la técnica. Aun así, las diferencias entre cavidades Clase II y Clase V, así como los materiales y métodos de evaluación empleados, deben tenerse en cuenta antes de comparar sus resultados con los del presente estudio.

Sengar et al. evaluaron la microfiltración de resina compuesta fluida en cavidades Clase V utilizando diferentes sistemas adhesivos y microscopía láser confocal²¹. Este antecedente es pertinente porque estudia la microfiltración en una configuración cavitaria similar; sin embargo, sus resultados deben compararse considerando las diferencias entre los materiales, los protocolos adhesivos y los métodos de evaluación empleados. En consecuencia, este estudio respalda la pertinencia de considerar conjuntamente el material fluido y el sistema adhesivo, pero no demuestra que el uso de resina fluida produzca necesariamente ausencia de microfiltración en todas las restauraciones.

Goyal et al. evaluaron 96 molares con cavidades Clase V y compararon distintos materiales utilizados como base bajo restauraciones de resina compuesta. Reportaron la menor puntuación media de microfiltración en el grupo con una base de esmalte y la mayor en el grupo restaurado sin base³⁷. Estos resultados muestran que, en las condiciones de ese experimento, el tipo de base estuvo relacionado con diferencias en la microfiltración. En el presente estudio, la incorporación de resina fluida como parte de la técnica Snowplow pudo contribuir a la adaptación inicial de la restauración; sin embargo, al no contar con un grupo control restaurado mediante otra técnica, no es posible atribuir exclusivamente a Snowplow la ausencia de penetración del colorante en determinadas muestras.

La presencia de microfiltración en el 47.5 % de las muestras puede relacionarse con distintos factores del proceso restaurador. Uno de ellos es la contracción de polimerización de las resinas compuestas, que puede generar tensiones dentro del material y afectar la interfase diente-restauración. Correia et al. estudiaron la influencia de la restauración con materiales bulk-fill sobre el estrés de contracción y la formación de espacios marginales en cavidades Clase V⁵⁵. Sus resultados son

pertinentes para discutir la relación entre los materiales restauradores, la contracción de polimerización y la integridad marginal, aunque no deben interpretarse como una evaluación directa de la técnica Snowplow utilizada en este estudio.

La integridad marginal también puede estar condicionada por las características del material restaurador y su interacción con el sustrato dental. Reda et al. analizaron el efecto de distintas composiciones de resina compuesta sobre la integridad marginal de restauraciones posteriores¹¹, mientras que Biradar et al. evaluaron la adaptación marginal de restauraciones de resina compuesta en cavidades Clase V²⁷. Estos antecedentes permiten considerar que el comportamiento marginal depende de múltiples variables relacionadas con el material y la preparación cavitaria. Por ello, aunque la resina fluida utilizada en Snowplow pudo favorecer la adaptación inicial, no puede concluirse que elimine los efectos asociados con la contracción de polimerización ni que explique por sí sola las diferencias observadas entre las muestras.

En cuanto a la localización de la microfiltración, en el presente estudio se observó principalmente en las zonas media y apical. Este patrón podría relacionarse con las características de las cavidades Clase V y con las diferencias entre esmalte y dentina como sustratos adhesivos; no obstante, esta explicación debe presentarse como una posible interpretación si el estudio no evaluó directamente la composición del sustrato en cada zona. Lührs et al. estudiaron restauraciones colocadas en lesiones cervicales no cariosas y la influencia de la preparación cavitaria sobre su comportamiento clínico¹⁸. Sengar et al. estudiaron la microfiltración en cavidades Clase V bajo distintos sistemas adhesivos²¹. Estos antecedentes aportan contexto sobre las restauraciones cervicales, pero no bastan por sí solos para confirmar la causa de la distribución espacial observada en las muestras actuales.

Otro factor que pudo influir en los resultados es el sistema adhesivo empleado. En este estudio se utilizó Single Bond con grabado ácido mediante ácido fosfórico al 34.5 %. Sari et al. evaluaron diferentes modos de aplicación de adhesivos universales en combinación con resinas compuestas universales en cavidades Clase V y analizaron su efecto sobre la microfiltración²⁴. Deb et al. compararon distintos sistemas adhesivos en cavidades Clase V²⁶, mientras que Kaczor et al. estudiaron el efecto del modo de grabado y de la carga termomecánica sobre la integridad marginal de adhesivos universales³⁵. Estos antecedentes apoyan la relevancia del protocolo adhesivo al interpretar el comportamiento marginal. Sin embargo, debido a que en el presente estudio no se compararon diferentes sistemas adhesivos, no es posible determinar qué proporción de los resultados se debe específicamente al adhesivo utilizado.

La contaminación del sustrato también puede modificar la adhesión en restauraciones Clase V. Shimazu et al. estudiaron la influencia de la contaminación con saliva artificial sobre la adhesión en restauraciones de esta clase³¹. Por otra parte, Bin-Shuwaish et al. evaluaron el efecto de diferentes desinfectantes sobre la microfiltración de resina bulk-fill adherida a distintos sustratos dentales³². Estos estudios refuerzan la importancia de controlar las condiciones experimentales y ejecutar de manera consistente el protocolo adhesivo. No obstante, no permiten atribuir al sistema adhesivo por sí solo el porcentaje de muestras sin penetración detectable observado en la presente investigación.

Desde el punto de vista estadístico, se encontró una asociación altamente significativa entre la dirección de la microfiltración y el grado de penetración del colorante ($p < 0.001$). Este resultado indica que ambas variables estuvieron asociadas dentro de la muestra estudiada. El hallazgo complementa los resultados descriptivos, ya que considera tanto el grado de penetración como su localización. Sin embargo, al tratarse de una asociación estadística, no permite afirmar que la dirección de la microfiltración sea la causa directa de una mayor severidad. Conviene asegurarse de que la denominación de ambas variables en este párrafo coincida exactamente con la utilizada en las tablas y en el análisis estadístico.

Las diferencias entre los resultados del presente estudio y lo esperado inicialmente en la hipótesis pueden relacionarse con las características del modelo experimental y con la complejidad de reproducir las condiciones clínicas. Asimismo, las comparaciones con la literatura deben considerar el tipo de cavidad, los materiales restauradores, el sistema adhesivo, el protocolo de fotopolimerización, las dimensiones de las preparaciones y los métodos de evaluación. Sengar et al., Sari et al. y Kaczor et al. estudiaron protocolos y condiciones diferentes para analizar la microfiltración o la integridad marginal. Por ello, las similitudes y diferencias entre estudios deben discutirse con cautela, sin asumir equivalencia directa cuando las metodologías no son comparables.

Entre las principales limitaciones del presente estudio se encuentra su naturaleza in vitro. Las condiciones experimentales no reproducen por completo el ambiente oral, en el que intervienen la humedad, la saliva, las variaciones de temperatura, las cargas masticatorias, los cambios de pH y la actividad bacteriana. Además, el tamaño de la muestra y el periodo de evaluación limitan la posibilidad de extrapolar los resultados directamente a la clínica o de establecer el comportamiento de las restauraciones a largo plazo. Saleh et al. evaluaron la adaptación marginal e interna de diferentes composites fluidos en cavidades Clase V después de cargas termomecánicas²⁸. Goyal et al. incorporaron termociclado al evaluar microfiltración y resistencia a la fractura en restauraciones Clase V³⁷. Estos antecedentes ilustran

la importancia de considerar las condiciones de envejecimiento al interpretar los resultados de estudios in vitro.

A partir de estas limitaciones, futuras investigaciones podrían ampliar el tamaño de la muestra y comparar directamente la técnica Snowplow con otras técnicas restauradoras en cavidades Clase V. También sería conveniente evaluar distintos sistemas adhesivos, tipos de resina y protocolos de fotopolimerización, así como realizar estudios clínicos longitudinales que permitan valorar el comportamiento de las restauraciones durante periodos más prolongados. Los estudios de Saleh et al. y Goyal et al. muestran la utilidad de estudiar diferentes materiales y condiciones de envejecimiento para analizar la adaptación marginal y la microfiltración. No obstante, se requieren investigaciones comparativas específicas para determinar si los resultados observados con Snowplow se mantienen bajo otras condiciones experimentales y clínicas.

En conjunto, los resultados indican que, bajo las condiciones experimentales evaluadas, la técnica Snowplow presentó ausencia de penetración detectable del colorante en el 52.5 % de las muestras. Sin embargo, el 47.5 % presentó algún grado de penetración, por lo que no puede afirmarse que la técnica elimine por completo la microfiltración. Además, al no incluirse un grupo control que permitiera una comparación directa con otra técnica restauradora, los hallazgos describen el comportamiento de las restauraciones evaluadas, pero no demuestran una superioridad definitiva de Snowplow. Se requieren estudios comparativos y clínicos con seguimiento a largo plazo para establecer mejor su desempeño.

10. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, la técnica Snowplow presentó un comportamiento favorable en el control de la microfiltración en cavidades clase V. El 52.5% de las muestras evaluadas no presentó penetración del colorante, lo que evidencia un adecuado sellado marginal bajo las condiciones experimentales del presente estudio. Sin embargo, debido a que el 47.5% de las muestras presentó algún grado de microfiltración, principalmente en dirección media y apical, se establece que la técnica no elimina completamente este fenómeno, aunque puede contribuir a disminuir su presencia.

El comportamiento observado puede relacionarse con la utilización conjunta de resina fluida y resina híbrida durante el procedimiento restaurador, ya que la primera puede favorecer la adaptación del material a las irregularidades de la preparación cavitaria y contribuir al sellado de la interfase diente-restauración. En este sentido, los resultados obtenidos son consistentes con los principios descritos en

investigaciones previas sobre la técnica Snowplow y aportan evidencia experimental sobre su comportamiento específicamente en cavidades clase V.

Asimismo, la asociación estadísticamente significativa encontrada entre la dirección de la microfiltración y el grado de penetración del colorante ($p < 0.001$) permitió identificar que la localización de la filtración se relacionó con su grado de severidad dentro de las muestras estudiadas. Este resultado complementa la evaluación de la microfiltración y permite reconocer que su comportamiento no fue uniforme en todas las restauraciones.

En relación con la hipótesis planteada, los resultados obtenidos permiten considerarla parcialmente apoyada, debido a que más de la mitad de las muestras no presentó microfiltración, pero no fue posible confirmar su ausencia en la totalidad de las restauraciones. Por lo tanto, los hallazgos respaldan el comportamiento favorable de la técnica Snowplow para disminuir la microfiltración, pero no permiten afirmar que esta sea completamente eliminada.

En conjunto, este estudio aporta evidencia experimental sobre la aplicación de la técnica Snowplow en cavidades clase V y contribuye al conocimiento disponible acerca de las estrategias destinadas a favorecer la adaptación marginal de las restauraciones. No obstante, debido al carácter *in vitro* de la investigación, los resultados no pueden extrapolarse directamente al comportamiento clínico a largo plazo. Por ello, se considera necesario continuar con investigaciones que incluyan grupos comparativos, un mayor número de muestras y estudios clínicos longitudinales que permitan determinar si el comportamiento favorable observado en este estudio se mantiene bajo las condiciones propias de la cavidad oral.

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	26/12/24	29/12/24	05/01/25	29/06/25	30/06/25	10/07/25	11/07/25
Elección del tema	✓						
Preparación y planificación		✓					
Recolección de datos y artículos			✓				
Preparación de cavidades y restauraciones				✓			
Fotocurado e inicio de termociclado					✓		
Inmersión en fucsina						✓	
Corte y observación en estereomicroscopio							✓
Redacción del informe							✓

12. BIBLIOGRAFÍAS

1. Melo FJR, Rocha V, Martins VL, Salvador MV, Lima AF, Cavalcanti AN. Bond strength in class V cavities: an in vitro study on beveling, universal adhesive strategy, and composite type. *J Appl Oral Sci.* 2026;34:e20250608. doi:10.1590/1678-7765-2025-0608.
2. Molina Pule CG, García Merino IR, Aldas Ramírez JE, Falconí Borja G, Armas Vega AC. Evaluación del grado de microfiltración en restauraciones de composite tras diferentes periodos de envejecimiento. *Rev Fac Odontol Univ Antioq.* 2015;27(1):76-85. doi:10.17533/udea.rfo.v27n1a4.
3. Rohym S, Tawfeek HEM, Kamh R. Effect of coffee on color stability and surface roughness of newly introduced single shade resin composite materials. *BMC Oral Health.* 2023;23(1).
4. Williams B, Abo-Hamar S, Roperto R, Platt J, Eckert G, et al. Microleakage and dye penetration of a resin-modified glass ionomer and a compomer. *Oper Dent.* 2002;27(2):139-145.
5. Iwami Y, Hayashi M, Takeshige F, Ebisu S. The accuracy of electrical method for microleakage evaluation by a three-dimensional analysis. *J Dent.* 2007;35(3):268-274. doi:10.1016/j.jdent.2006.09.003.
6. Williams PT, Schramke D, Stockton L. Comparison of two methods of measuring dye penetration in restoration microleakage studies. *Oper Dent.* 2002;27(6):628-635.
7. Chacón Gahona KB, Morales Bravo BR, Vintimilla Coronel SE, Sarmiento Criollo PF. Evolución y efectividad de los sistemas adhesivos de séptima y octava generación en restauraciones directas: una revisión. *Rev Cient Odontol.* 2023;11(4):e178. doi:10.21142/2523-2754-1104-2023-178.
8. Orozco Barreto R, Álvarez Gayosso C, Guerrero Ibarra J. Fotopolimerización de resinas compuestas a través de diversos espesores de tejido dental. *Rev Odontol Mex.* 2015;19(4):222-227. doi:10.1016/j.rod mex.2015.10.002.
9. Schneider LFJ, Cavalcante LM, Silikas N. Shrinkage stresses generated during resin-composite applications: a review. *J Dent Biomech.* 2010;2010:131630. doi:10.4061/2010/131630.
10. Weimann D, Fleck C, Razi H. Marginal integrity in minimally invasive molar resin composite restorations: impact of polymerization shrinkage. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2024;155.
11. Reda SA, Hussein YF, Riad M. The impact of Bis-GMA free and Bis-GMA containing resin composite as posterior restoration on marginal integrity: a randomized controlled clinical trial. *BMC Oral Health.* 2023;23(1).

12. Aydın N, Topçu FT, Karaoğlanoğlu S, Oktay EA, Erdemir U. Effect of finishing and polishing systems on the surface roughness and color change of composite resins. *J Clin Exp Dent*. 2021;13(5):446-454.
13. Çağırır Dindaroğlu F, Yılmaz E. Two-year evaluation of a nano-hybrid and a bulk-fill resin composite: a randomized, double-blind split-mouth clinical study. *Clin Oral Investig*. 2024;28(4).
14. Vouvoudi EC. Overviews on the progress of flowable dental polymeric composites: their composition, polymerization process, flowability and radiopacity aspects. *Polymers (Basel)*. 2022;14(19):4182. doi:10.3390/polym14194182.
15. Favoreto MW, Carneiro TS, Ñaupari-Villasante R, Cordeiro DC, Cochinski GD, Machado do Nascimento TVP, et al. Clinical performance of preheating thermoviscous composite resin for non-carious cervical lesions restoration: a 24-month randomized clinical trial. *J Dent*. 2024;144:104930.
16. De Kuijper MCFM, Cune MS, Özcan M, Gresnigt MMM. Clinical performance of direct composite resin versus indirect restorations on endodontically treated posterior teeth: a systematic review and meta-analysis. [Datos de publicación no proporcionados].
17. Albarran-Martínez L, Rodríguez-Vilchis LE, Contreras-Bulnes R, de los Angeles Moyaho-Bernal M, Teutle-Coyotecatl B. Effect of different industrialized acid beverages on the surface roughness of flowable composite resins: in vitro study. *J Clin Pediatr Dent*. 2023;47(5):152-161.
18. Lührs AK, Jacker-Guhr S, Günay H, Herrmann P. Composite restorations placed in non-carious cervical lesions—which cavity preparation is clinically reliable? *Clin Exp Dent Res*. 2020;6(5):558-567.
19. A comparison of the effects of incremental and snowplow techniques on the mechanical properties of composite restorations. [Autores y datos de publicación no proporcionados].
20. Evaluación comparativa de microfiltraciones en cavidades de Clase II restauradas con la técnica de quitanieves utilizando resina compuesta de relleno a granel plegable fluida o precalentada como incremento gingival. [Autores y datos de publicación no proporcionados].
21. Sengar EV, Mulay S, Beri L, Gupta A, Almohareb T, Binalrimal S, et al. Comparative evaluation of microleakage of flowable composite resin using etch and rinse, self-etch adhesive systems, and self-adhesive flowable composite resin in class V cavities: confocal laser microscopic study. *Materials (Basel)*. 2022;15(14):4963. doi:10.3390/ma15144963.

22. Rao A, Anithakumari R, Adarsha MS, Sudhanva ME, Vikram R, Naveen Kumar N. Clinical evaluation of bioactive composite resin in class V lesions in high-risk caries patients: a randomized split-mouth trial. *J Conserv Dent Endod*. 2025;28(9):905-910. doi:10.4103/JCDE.JCDE_157_25.
23. Fang K, Chen K, Shi M, Wang L. Effect of different adhesive systems on dental defects and sensitivity to teeth in composite resin restoration: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig*. 2023;27(6):2495-2511. doi:10.1007/s00784-023-05007-0.
24. Sari C, Akgul S, Bala O. Does different application modes of universal adhesives with universal resin composites affect the microleakage in class V cavities? An in vitro study. *BMC Oral Health*. 2024;24(1):1367. doi:10.1186/s12903-024-05138-0.
25. Conner C, Hicks J, Garcia-Godoy F. Secondary caries adjacent to restorative materials. *Am J Dent*. 2025;38(4):288-292.
26. Deb A, Pai V, Akhtar A, Nadig RR. Evaluation of microleakage of micro hybrid composite resins versus chitosan-incorporated composite resins when restored in class V cavities using total etch and self-etch adhesives: an in vitro study. *Contemp Clin Dent*. 2021;12(4):346-351. doi:10.4103/ccd.ccd_414_20.
27. Biradar N, Allappanavar KS, Shetty NK, Patil BS, Hegde RS, Moogi P. Evaluation of marginal adaptation of composite restorations reinforced with novel enamel inserts (biofillers) in class V cavities. *J Contemp Dent Pract*. 2020;21(12):1368-1373.
28. Saleh SA, Ebaya MM, Ali AI. Marginal and internal adaptation of different flowable composite restorations in class V cavities after thermomechanical cyclic loading: in vitro study. *BMC Oral Health*. 2025;25(1):1906. doi:10.1186/s12903-025-07324-0.
29. Intaraprasong N, Banomyong D, Chotvorarak K, Ngoenwiwatkul Y, Pittayachawan P. Influence of different post-endodontic restorations on the survival rate against fracture of endodontically treated anterior teeth affected by cervical lesions with pulpal involvement: a retrospective clinical study. *Eur Endod J*. 2024;9(1):44-56. doi:10.14744/eej.2023.15870.
30. Ulku SG, Unlu N. Factors influencing the longevity of posterior composite restorations: a dental university clinic study. *Heliyon*. 2024;10(6):e27735. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e27735.
31. Shimazu K, Karibe H, Oguchi R, Ogata K. Influence of artificial saliva contamination on adhesion in class V restorations. *Dent Mater J*. 2020;39(3):429-434. doi:10.4012/dmj.2019-032.

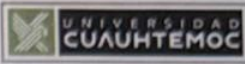
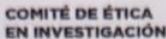
32. Bin-Shuwaish M, AlHussaini A, AlHudaithy L, AlDukhiel A, AlJamhan A, Alrahlah A. Effects of different antibacterial disinfectants on microleakage of bulk-fill composite bonded to different tooth structures. *BMC Oral Health*. 2021;21(1):348. doi:10.1186/s12903-021-01717-7.
33. Noerpuspita P, Krejci I, Bortolotto T. Marginal adaptation of two-step self-etch versus universal adhesives for class V restorations: effect of Er:YAG laser vs. bur prepared cavities. *Am J Dent*. 2024;37(1):29-34.
34. Ismail HS, Soliman HAN, Ali AI, Raghip AG, Albelasy EH. A two-year randomized clinical trial of bulk-fill and ion-releasing composites with universal adhesives in class V carious lesions. *Clin Oral Investig*. 2026;30(5):172. doi:10.1007/s00784-026-06852-5.
35. Kaczor K, Krasowski M, Lipa S, Sokołowski J, Nowicka A. How do the etching mode and thermomechanical loading influence the marginal integrity of universal adhesives? *Oper Dent*. 2020;45(3):306-317. doi:10.2341/19-002-L.
36. Aziz PMAE, Metwaly AA. Evaluation of fracture resistance of class V premolar restorations reinforced with Ribbond and InFibra fibers using two placement techniques: an in vitro study. *BMC Oral Health*. 2026;26(1):1359. doi:10.1186/s12903-026-09423-y.
37. Goyal S, Virk R, Bhullar KK, Sahiwal H, Kant D, Deepanshu D. Tooth substrate vs conventional materials used as a base in class V cavities: a comparative study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2025;18(3):261-265. doi:10.5005/jp-journals-10005-3073.
38. Murali NS, Parthasarathy R, Lakshmaiah D, Ambeth N, Vishwanath S, Ilango S. Evaluation of three different reinforcements of composites in cervical restoration under multiaxial loading—an in vitro study. *J Pharm Bioallied Sci*. 2025;17(Suppl 2):S1920-S1923. doi:10.4103/jpbs.jpbs_1437_24.
39. Babina K, Polyakova M, Sokhova I, Doroshina V, Arakelyan M, Novozhilova N. The effect of finishing and polishing sequences on the surface roughness of three different nanocomposites and composite/enamel and composite/cementum interfaces. *Nanomaterials (Basel)*. 2020;10(7):1339. doi:10.3390/nano10071339.
40. Safaei-Firoozabadi F, Hashemi Moghadam F, Tabatabaei SF, Nemati S, Madisiar F. Does air abrasion of dentin affect the bonding performance of different universal adhesives? *J Dent (Shiraz)*. 2026;27(4):70-79. doi:10.30476/dentjods.2025.103036.2413.
41. Wierichs RJ, Kramer EJ, Meyer-Lueckel H. Risk factors for failure of direct restorations in general dental practices. *J Dent Res*. 2020;99(9):1039-1046. doi:10.1177/0022034520924390.

42. Da Silva MEP, Mendes MEDS, da Silva TSG, Sobral-Souza DF, Dias MF, Filho PCL, et al. Influence of different size of prophylaxis brush on marginal microleakage and hybrid layer morphology of composite restorations. *J Clin Exp Dent*. 2025;17(7):e764-e770. doi:10.4317/jced.62831.
43. Kittur M, Ghivari S, Pujar M. Comparative evaluation of efficacy of two minimally invasive caries removal techniques on fracture resistance of the teeth restored with composite: an SEM study. *J Conserv Dent*. 2021;24(2):204-208. doi:10.4103/JCD.JCD_481_20.
44. Bin-Shuwaish MS, AlHussaini AA, AlHudaithy LH, AlDukhiel SA, Al-Jamhan AS. An in vitro evaluation of microleakage of resin based composites bonded to chlorhexidine-pretreated dentin by different protocols of a universal adhesive system. *Saudi Dent J*. 2021;33(7):503-510. doi:10.1016/j.sdentj.2020.09.006.
45. Saji S, G P, Soman D, GS S, Kurup NB, S A. Comparative evaluation of anticariogenic activity of aqueous extracts of green tea and pomegranate peel on bacteria-induced secondary caries at the tooth-resin interface using a dye penetration method. *Cureus*. 2025;17(12):e99121. doi:10.7759/cureus.99121.
46. Yılmaz F, Murat S, Baltacıoğlu İH, Ayyıldız S, Kamburoğlu K. Effects of magnetic resonance imaging on the microleakage of five restorative materials: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2021;132(2):239-246. doi:10.1016/j.oooo.2020.11.006.
47. Sujith R, Yadav TG, Pitalia D, Babaji P, Apoorva K, Sharma A. Comparative evaluation of mechanical and microleakage properties of Cention-N, composite, and glass ionomer cement restorative materials. *J Contemp Dent Pract*. 2020;21(6):691-695.
48. Li Y, Shao B, Liu Z. Simulating adhesive damage in different filling methods for class V restorations under polymerization shrinkage and occlusion forces. *J Esthet Restor Dent*. 2026;38(2):371-381. doi:10.1111/jerd.70047.
49. Shirani F, Birang R, Ahmadpour E, Heidari Z, Ostadsharif Memar R, Zarei Z, et al. Evaluation of microleakage in resin composites bonded to an Er:YAG laser and bur-prepared root and coronal dentin using different bonding agents. *J Lasers Med Sci*. 2021;12:e74. doi:10.34172/jlms.2021.74.
50. Rajagopal S, Sharma S. Comparative evaluation of marginal leakage of various bevel designs using direct composite restoration in fractured anterior teeth: an in vitro study. *Cureus*. 2024;16(3):e56860. doi:10.7759/cureus.56860.
51. Abdulsahib Najim B, Ghalib Abdulkhaliq A, Nahidh M, Ronsivalle V, Cicciù M, Minervini G. Evaluation of the microleakage of new bioactive restorative materials: a comparative in-vitro study. *Minerva Dent Oral Sci*. 2025;74(4):217-222. doi:10.23736/S2724-6329.24.04873-3.

52. ElMansy MM, Tadros SST, Saleh RS, Abdelmonem R, El Menoufy H, Shawky N. Comparative evaluation on the effect of different cavity disinfectant nano gels; chlorohexidine, propolis, liquorice versus diode laser in terms of composite microleakage (comparative in vitro study). *BDJ Open*. 2023;9(1):49. doi:10.1038/s41405-023-00176-2.
53. Attin R, Rüedi N, Tauböck TT, Körner P, Wiedemeier D, Attin T. Effect of caries infiltrant on margin integrity of composite fillings placed adjacent to demineralised primary enamel. *Oral Health Prev Dent*. 2021;19:603-608. doi:10.3290/j.ohpd.b2259135.
54. Atalay C, Uslu A, Yazici AR. Does laser etching have an effect on application mode of a universal adhesive? A microleakage and scanning electron microscopy evaluation. *Microsc Res Tech*. 2021;84(1):125-132. doi:10.1002/jemt.23573.
55. Correia A, Andrade MR, Tribst J, Borges A, Caneppele T. Influence of bulk-fill restoration on polymerization shrinkage stress and marginal gap formation in class V restorations. *Oper Dent*. 2020;45(4):E207-E216. doi:10.2341/19-062-L.
56. Baldi A, Rossi T, Comba A, Vergano EA, Montrella R, Pampaloni B, et al. The ability of highly-filled flowable composites in preventing marginal gap in class V restorations: an optical coherence tomography study. *BMC Oral Health*. 2025;25(1):619. doi:10.1186/s12903-025-05970-y.
57. Piemjai M, Lerttriphob T, Jariyapayuklert C, Garcia-Godoy F. A method to bond vital dentin with a microleakage-free hybrid layer. *J Adhes Dent*. 2025;27:43-51. doi:10.3290/j.jad.c_1953.
58. Saffarpour M, Abasalizadeh F, Fathollahi MS, Chiniforush N. The in vitro effect of antimicrobial photodynamic therapy with toluidine blue and indocyanine green on microleakage of class V cavities. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2022;39:103005. doi:10.1016/j.pdpdt.2022.103005.
59. Mendon MS, Jain M, Sogi S, Shah G, Bhagat G, Gupta S. An in vitro comparative evaluation of microleakage and microhardness of Omnichroma and silver nanoparticles-incorporated Omnichroma. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2025;18(10):1181-1186. doi:10.5005/jp-journals-10005-3333.
60. Pereira JR, Vidotti HA, Júnior LC, Vermudt A, de Souza Almeida M, Pamato S. Analysis of microleakage and marginal gap presented by new polymeric systems in class V restorations: an in vitro study. *Saudi Dent J*. 2021;33(3):156-160. doi:10.1016/j.sdentj.2019.11.007.

13. ANEXOS

13.1 ANEXO 1: CARTA DE APROBACION DE COMITE DE ÉTICA

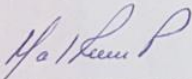

San Luis Potosí

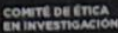
San Luis Potosí, S.L.P. a 23 de mayo del 2025

C. HECTOR YAHIR AROZQUETA EUFRACIO
ESTUDIANTE DE ODONTOLOGÍA EN SERVICIO SOCIAL

En relación a su protocolo de investigación titulado "EFICACIA DE LA TECNICA SNOWFLOW EN LA REDUCCIÓN DE LA MICROFILTRACIÓN DE CAVIDADES CLASE V EN MOLARES", ESTUDIO IN VITRO , con registro CEI-FOUCSLP-003-2025, recibido vía correo electrónico con fecha 09 de mayo del año en curso, una vez realizada nueva revisión, se le informa que su protocolo de investigación ha sido **APROBADO** por lo que deberá de enviar a este Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad Cuauhtémoc, un informe semestral a partir de la fecha, de los avances obtenidos durante su investigación, en caso de concluir su investigación previo a esta fecha enviar un informe final a este Comité, así como cuando se realice alguna enmienda al protocolo deberá notificarlo al CEI-FOUCSLP.

ATENTAMENTE
PRESIDENTE DEL CEI-FOUCSLP


DRA. MARÍA LOURDES RUIZ PUENTE


444 500 4500
www.ucslp.edu.mx

**13.2 ANEXO 2: CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO
EN LA DONACIÓN DE ORGANO(S) DENTARIO(S) EN
MATERIA DE INVESTIGACIÓN**

Por medio de la presente se le invita a hacer la donación de su(s) órgano(s) dentario(s) **“molares”** que serán retirados por alguno de los siguientes motivos: ortodónticos, periodontales, erupción anormal u otro que le haya sido diagnosticado por su odontólogo tratante.

Estos órganos dentarios provenientes de su intervención quirúrgica serán utilizados para el proyecto de investigación titulado “evaluación in vitro de la microfiltración en restauraciones clase v de molares humanos realizadas mediante la tecnica snowplow”

Antes de decidir sobre su donación, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados que se mencionaran a continuación. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto para aclarar sus dudas. Una vez que haya leído y comprendido todos los puntos de este documento y si usted desea donar su(s) órgano(s) dentario(s) **“molares”**, se le pedirá que firme este consentimiento informado.

Objetivo

Se le invita a hacer la donación de su(s) órgano(s) dentario(s) **“molares”** que fueron extraídos en su intervención quirúrgica para el proyecto de investigación cuyo objetivo es evaluar la efectividad de la técnica snowplow sobre la reducción de la microfiltración en restauraciones en cavidades clase V.

Justificación

El proyecto de investigación está buscando reducir la presencia de espacios vacíos en la interfase del diente/restauración. Mejorar la adaptación marginal de la restauración en cavidades clase V y con ello evitar el riesgo de caries secundaria.

Procedimientos

La intervención quirúrgica que le explicó su médico odontólogo no se verá afectada de ningún modo al participar en el proyecto de investigación. Solo se recolectará(n) los órganos(s) dentario(s) **“molares”** donado(s) y serán colocado(s) en un medio de preservación para su posterior procesamiento.

Nivel de riesgo

La donación de los órganos(s) dentario(s) **“molares”** implica riesgo mínimo para su salud.

Beneficios

Usted no recibirá un beneficio directo o inmediato, pero la información que se obtenga del proyecto de investigación ayudará a los odontólogos en el desarrollo de nuevas técnicas de restauración de las cavidades clase V. Asimismo, los datos obtenidos pueden ser publicados o difundidos con fines científicos.

Aclaraciones

La decisión de donar o no donar su(s) órgano(s) dentario(s) **“molares”** es completamente voluntaria.

- No habrá ninguna consecuencia desfavorable en caso de no aceptar.
- No tendrá que hacer gasto alguno derivado de la donación(es).
- La información obtenida será mantenida con estricta confidencialidad por el grupo de investigadores.
- **La participación en este proyecto no implica la provisión de servicio dental gratuito o ningún tipo de apoyo gratuito para el tratamiento dental.**

En caso de tener cualquier duda relacionada con el procedimiento de este estudio, usted puede comunicarse con el investigador principal de este proyecto de investigación, **E.O. Héctor Yahir Arozqueta Eufracio** al número **488-111-3000** y/o al correo **a21050180@ucslp.net**

Por ello, manifiesto que estoy satisfecho(a) con la información recibida, comprendo y acepto los objetivos, beneficios y riesgos del donar mi(s) órgano(s) dentario(s) y con mi firma, reconozco y ratifico, que se me han sido explicado y he comprendido todos los puntos anteriormente mencionados, por lo que, en este acto, otorgo mi consentimiento en la donación de órgano(s) dentario(s) en materia de investigación.

Nombre y firma del participante y/o responsable legal del menor participante

Fecha: _____

Nombre y firma del testigo 1

Nombre y firma del testigo 2

Nombre y firma del investigador principal

13.3 ANEXO 3: TERMOCICLADO

El termociclado es un procedimiento de envejecimiento experimental utilizado en odontología para evaluar el comportamiento de los materiales restauradores ante las variaciones de temperatura a las que pueden estar expuestos en la cavidad oral. Estos cambios térmicos pueden generar ciclos repetidos de contracción y expansión en los tejidos dentales y los materiales restauradores, debido a las diferencias entre sus coeficientes de expansión térmica. Como consecuencia, pueden producirse tensiones en la interfaz diente-restauración que podrían comprometer la adaptación marginal y favorecer la penetración de fluidos o sustancias a través de dicha interfaz.

En los estudios de microfiltración, el termociclado se emplea para someter las restauraciones a cambios térmicos controlados antes de evaluar su sellado marginal. Para ello, las muestras se introducen de manera alternada en baños de agua a diferentes temperaturas, lo que permite reproducir experimentalmente las variaciones térmicas del medio oral. La temperatura de los baños, el número de ciclos y el tiempo de permanencia en cada uno son parámetros importantes para estandarizar el procedimiento y permitir una evaluación comparable entre las muestras.

En el presente estudio, las restauraciones de cavidades Clase V realizadas mediante la técnica Snowplow fueron sometidas a un proceso de termociclado de 500 ciclos en baños de agua a 5 °C y 55 °C, con un tiempo de permanencia de 20 segundos en cada baño. La transferencia de las muestras entre ambos baños se realizó de manera prácticamente inmediata, procurando reducir el intervalo entre los cambios de temperatura y mantener condiciones similares para todas las muestras. De esta manera, se buscó someter las restauraciones a variaciones térmicas repetidas y controladas, con el propósito de evaluar posteriormente la presencia y el grado de microfiltración en la interfaz entre el tejido dental y el material restaurador.

Una vez concluido el termociclado, las muestras se sometieron al procedimiento de tinción con fucsina básica al 2 % durante 24 horas. Posteriormente, se realizaron cortes de las piezas dentales y se evaluó la penetración del colorante mediante un estereomicroscopio con aumento de 20X. La extensión de la penetración se registró mediante una escala ordinal de 0 a 4, de acuerdo con el grado de microfiltración observado. Este procedimiento permitió identificar la presencia y la localización de la penetración del colorante en las restauraciones analizadas.

Es importante señalar que el termociclado constituye un modelo experimental de envejecimiento térmico y no reproduce la totalidad de las condiciones presentes en la cavidad oral, como las cargas masticatorias, las variaciones del pH y la acción de las enzimas salivales. Por lo tanto, sus resultados permiten valorar el comportamiento de las restauraciones bajo las condiciones térmicas establecidas, sin establecer una equivalencia directa con un periodo específico de funcionamiento clínico.