



**Universidad Autónoma de Querétaro**

**Facultad de Medicina**

**“EVALUACIÓN *IN VITRO* DE MICROFILTRACIÓN  
BACTERIANA DE CUATRO DIFERENTES BARRERAS  
INTRAORIFICIO EN LA ENTRADA DE CONDUCTOS  
RADICULARES”**

**Tesis**

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma  
de la

Especialidad en Endodoncia

**Presenta:**

C.D. Areli Nohemi Padilla Salas

**Dirigido por:**

C.D.E.E. Roberto Gustavo Sánchez Lara Y Tajonar

Querétaro, Qro., a 11 de junio de 2021



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Medicina  
Especialidad en Endodoncia



**“EVALUACIÓN *IN VITRO* DE MICROFILTRACIÓN BACTERIANA DE CUATRO DIFERENTES BARRERAS INTRAORIFICIO EN LA ENTRADA DE CONDUCTOS RADICULARES”**

**Tesis**

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la  
Especialidad en Endodoncia

**Presenta:**

C.D. Areli Nohemi Padilla Salas

**Dirigido por:**

C.D.E.E. Roberto Gustavo Sánchez Lara Y Tajonar

C.D.E.E. Roberto Gustavo Sánchez Lara Y Tajonar  
Presidente

---

C.D.E.E. Irak Osiris Villarreal Vera  
Secretario

---

C.D.E.E. Miriam Mendoza Estrada  
Vocal

---

Dra. María del Socorro Maribel Liñán Fernández  
Suplente

---

Dr. Rubén Abraham Domínguez Pérez  
Suplente

---

Centro Universitario, Querétaro, Qro.  
Marzo 2021  
México

## RESUMEN

**Introducción:** Posterior al tratamiento de conductos radiculares se colocan materiales restauradores temporales, sin embargo, el desalojo de éste material, el retraso en la colocación de la restauración definitiva o una alteración del sellado promovería la microfiltración de bacterias, por tal motivo, se recomienda el uso de un material para sellar el orificio de entrada al conducto radicular, como un complemento protector para el diente tratado endodónticamente. Ningún estudio ha comparado particularmente la eficacia de Amalgama vs Resina 3M ESPE™ Z350 vs Ionómero de Vidrio EQUIA® Forte Fil (FGC) vs Biodentine®.

**Objetivo:** Determinar cual barrera intraorificio evita por mayor cantidad de días la microfiltración bacteriana al ser colocada en la entrada de conductos radiculares; Resina 3M ESPE Filtek™ Z350, Amalgama, Ionómero de vidrio EQUIA® Forte Fil (GC) o Biodentine®.

**Material y métodos:** Se trata de un estudio experimental *in vitro*; se utilizaron 60 premolares a los que se les realizaron dos cortes transversales y se les colocó la barrera intraorificio asignándolos aleatoriamente a uno de los cuatro grupos experimentales o a uno de los dos grupos control. Los premolares se fijaron a dispositivos de doble cámara, se inoculó la cámara superior con *Enterococcus faecalis* y se cuantificó el número de días hasta que ocurrió filtración y se realizó el análisis estadístico mediante la prueba Kruskal-Wallis Post Hoc Dunn.

**Resultados:** El orden descendente de cantidad de días hasta que ocurrió microfiltración fue: Resina 3M ESPE Filtek™ Z350>Ionómero de vidrio EQUIA® Forte Fil (GC)>Biodentine®>Amalgama ( $p<0.0001$ ).

**Conclusiones:** Colocar una barrera en la entrada de los conductos radiculares tratados endodónticamente disminuye significativamente la microfiltración bacteriana. Resina 3M ESPE Filtek™ Z350, Ionómero de vidrio EQUIA® Forte Fil (GC) y Biodentine® no presentaron diferencias significativas entre sí; sin embargo éstos tres grupos si presentaron diferencia significativa contra el grupo Amalgama.

**Palabras clave:** Endodoncia; Barrera intraorificio; Microfiltración; Resina; Ionómero de vidrio; Biodentine; Amalgama.

## SUMMARY

**Introduction:** After the root canal treatment, temporary restorative materials are placed. The removal of this material can cause a delay in the placement of the definitive restoration or an alteration of the seal would promote the microfiltration of bacteria. For this reason it is recommended the application of sealing plugs into the root canal orifice, as a protective complement for the endodontically treated tooth. No studies have particularly compared the efficacy of Amalgam vs Composite 3M ESPE Filtek™ Z350 vs Glass Ionomer EQUIA® Forte Fil (GC) vs Biodentine®.

**Objective:** To determine which intra-orifice barrier prevents bacterial micro-filtration for more days when it is placed at the entrance of root canals; 3M Composite ESPE Filtek™ Z350, Amalgam, Glass Ionomer EQUIA® Forte Fil (GC) or Biodentine®.

**Material and methods:** This is an experimental *in vitro* study; 60 premolars were used in which two transverse cuts were made and the intra-orifice barrier was placed. Randomly assigning them to one of the four experimental groups or one of the two control groups. The premolars were fixed to a double chamber device, the upper chamber was inoculated with *Enterococcus faecalis* and the number of days until filtration occurred was measured. Statistical analysis was performed using the Kruskal-Wallis Post Hoc Dunn test.

**Results:** The descending order of number of days until microfiltration occurred was: Composite 3M ESPE Filtek™ Z350 > glass ionomer EQUIA® Forte Fil (GC) > Biodentine® > Amalgam ( $p < 0.0001$ ).

**Conclusions:** Placing a barrier at the entrance of endodontically treated root canals significantly reduces bacterial microfiltration. 3M ESPE Filtek™ Z350 resin, EQUIA® Forte Fil (GC) glass ionomer and Biodentine® did not show significant differences between them; However, these three groups did present a significant difference against the Amalgam group.

**Keywords:** Endodontics; Intra-orifice barrier; Microfiltration; Composite; Glass ionomer; Biodentine; Amalgam.

## DEDICATORIAS

A mi difunto padre, el Ing. Jorge Humberto Padilla Rodríguez, sé que estaría orgulloso.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

## AGRADECIMIENTOS

A mi madre, por vivir cada experiencia conmigo a pesar de la distancia, pañuelo de lágrimas, compañera de risas, mi mayor inspiración.

A Manolo, David y Diony, por su inigualable apoyo, gracias por celebrar mis logros como suyos.

A mis tías y abuela, que han sido mis otras mamás, gracias por tratarme como una hija y verme más inteligente de lo que en realidad soy.

A mis docentes y compañeros, por hacer de los dos años en la UAQ una de las experiencias más enriquecedoras de mi vida.

A la UAQ, por permitirme formar parte, me llena de orgullo poder decir que soy egresada de ésta institución.

A Dios, por todo lo mencionado anteriormente.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

## ÍNDICE

Contenido	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
<b>I. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>II. Antecedentes</b>	<b>3</b>
II.1 Microfiltración bacteriana	3
II.2 Barreras intraorificio	4
II.3 Estudios <i>in vitro</i> de microfiltración bacteriana	5
<b>III. Fundamentación teórica</b>	<b>7</b>
III.1 Resina	7
III.2 Amalgama	8
III.3 Ionómero de Vidrio EQUIA® Forte Fil (GC)	9
III.4 Biodentine®	11
III.5 Experimentos <i>in vitro</i> con bacterias	12
III.6 <i>Enterococcus faecalis</i>	13
<b>IV. Hipótesis</b>	<b>14</b>
<b>V. Objetivos</b>	<b>15</b>
V.1 General	15
V.2 Específicos	15
<b>VI. Material y métodos</b>	<b>16</b>
VI.1 Tipo de investigación	16
VI.2 Unidad de análisis	16
VI.3 Muestra	16
VI.3.1 Criterios de selección	16
VI.3.2 Variables estudiadas	17
VI.4 Procedimientos	19
VI.4.1 Análisis estadístico	25
<b>VII. Resultados</b>	<b>26</b>
<b>VIII. Discusión</b>	<b>28</b>
<b>IX. Conclusiones</b>	<b>33</b>
<b>X. Bibliografía</b>	<b>34</b>

## I. INTRODUCCIÓN

El objetivo de obturar los conductos radiculares es eliminar todas las vías de filtración desde la cavidad oral hacia los tejidos perirradiculares; la obturación tridimensional e impermeable del sistema de conductos radiculares priva a los agentes infecciosos del espacio y la nutrición de los tejidos perirradiculares, evitando su migración desde la cavidad oral y su proliferación, y así, cumplir el propósito del tratamiento endodóntico: prevenir y curar la periodontitis apical.

El material más utilizado para la obturación del conducto radicular es la gutapercha, pero tiene una limitante importante: la falta de adhesión a las paredes del conducto; se han realizado intentos para abordar este problema mediante el uso de cementos endodónticos capaces de adherirse a la dentina del conducto, pero su tendencia a la reabsorción con el tiempo puede comprometer la calidad del tratamiento; otro problema surge del hecho de que los cementos se unen de manera más o menos efectiva a la dentina, pero no siempre aseguran una unión similar a la gutapercha por lo tanto, siempre hay brechas entre los propios materiales y las paredes de dentina, incluso en obturaciones radiográficamente bien ejecutadas. Posterior al tratamiento de conductos radiculares se colocan materiales restauradores temporales, sin embargo, un desalojo de éste material, el retraso de la colocación de la restauración definitiva o una alteración del sellado promovería la microfiltración de bacterias, por tal motivo, el uso de un material para sellar el orificio de entrada al conducto radicular, antes de la restauración provisional se ha recomendado como un complemento protector para el diente tratado endodónticamente. Las barreras intraorificio proporcionan una segunda línea de defensa contra la microfiltración bacteriana. El método consiste en reemplazar tres milímetros de gutapercha en el tercio coronal del conducto radicular por un material de restauración, para reducir las microfiltraciones; éste espesor ofrece suficiente volumen de material para sellar el orificio de entrada al conducto adecuadamente sin limitar el grosor o comprometer la retención de la restauración final; aunque numerosos estudios han demostrado que el uso de barreras intraorificio en conductos obturados con gutapercha disminuye significativamente la microfiltración coronal y aunque se han probado una gran

cantidad de materiales restauradores temporales y permanentes comúnmente utilizados como barreras intraorificio, ningún estudio ha comparado particularmente la eficacia de Amalgama vs Resina 3M ESPE Filtek™ Z350 vs Ionómero de Vidrio EQUIA® Forte Fil (GC) vs Biodentine®; surgiendo la inquietud de cuál de las cuatro barreras intraorificio mencionadas anteriormente evita por mayor tiempo la microfiltración bacteriana al ser colocada en la entrada de conductos radiculares.

El presente estudio aportará evidencia útil para que el endodoncista implemente la colocación de una barrera en la entrada de los conductos radiculares después del tratamiento endodóntico como parte del protocolo clínico de rutina, y, al elegir el material que presente menor microfiltración e impida por mayor tiempo el paso de microorganismos patógenos desde la cavidad oral hacia el periapice mejorará el pronóstico del tratamiento a largo plazo, alcanzando una mayor tasa de éxito clínico.

## II. ANTECEDENTES

### II.1 Microfiltración bacteriana

Takehashi, Stanley y Fitzgerald (1965), confirmaron mediante un estudio que llegó a convertirse en un artículo clásico, que la presencia de microorganismos patógenos entorpece o inhibe la capacidad reparativa y cicatrizal de los tejidos, y es la causa directa de que se produzca y perpetúe la periodontitis apical; el experimento se realizó en dos grupos de ratas; los animales libres de gérmenes exhibieron una respuesta de recuperación y reparación pulpar que condujo a un puente dentinario, en contraste, en los animales convencionales en condiciones similares, la situación se deterioró progresivamente desde una inflamación pulpar severa inicial hasta necrosis completa.

Khayat, Lee y Torabinejad (1993), sabiendo que la obturación incompleta del conducto radicular juega un papel importante en el pronóstico endodóntico y que los conductos radiculares sellados se pueden recontaminar en varias circunstancias; realizaron un estudio con saliva para determinar en cuantos días ocurre esta recontaminación. Se obturaron treinta conductos radiculares con gutapercha y sellador de conductos radiculares utilizando técnicas de condensación lateral o vertical. Las porciones coronales de los materiales de obturación se pusieron en contacto con saliva humana y se determinó el número de días necesarios para que las bacterias de la saliva penetren en todos los conductos radiculares. Todos los conductos radiculares se recontaminaron en menos de 30 días. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos métodos de obturación.

Torabinejad, Ung y Kettering (1990), en su experimento *in vitro* limpiaron, moldearon y obturaron cuarenta y cinco conductos radiculares con gutapercha y sellador, utilizando técnica de condensación lateral. Las porciones coronales de los materiales de obturación radicular se pusieron en contacto con *Staphylococcus*

*epidermidis* y *Proteus vulgaris*. Determinando que más del 50% de los conductos radiculares estaban completamente contaminados después de 19 días de exposición a *Staphylococcus epidermidis*. El 50% de los conductos radiculares también estaban totalmente contaminados cuando se expusieron a *Proteus vulgaris* durante 42 días.

Goldman et al. (1980), han declarado que la penetración de microorganismos podría ser más apropiada que la penetración de tintes o isótopos radiomarcados para estudiar la filtración *in vitro*, señalando que las bacterias se desempeñaron mejor ya que los tintes podrían dar una lectura falsa positiva si sus moléculas fueran lo suficientemente pequeñas.

## II.2 Barreras intraorificio

Carman y Wallace (1994), en su estudio *in vitro* usaron noventa y seis molares humanos, divididos en seis grupos experimentales de cada material utilizado para restaurar la cámara pulpar: gutapercha con sellador, amalgama, IRM, resina fotocurable, resina autocurable y ionómero de vidrio. Se evaluaron las posibles filtraciones con colorante azul de metileno al 2%. Los grupos de ionómero de vidrio y amalgama mostraron significativamente menos filtración que los otros materiales. El grupo de gutapercha con sellador mostró una fuga significativamente mayor que todos los demás grupos. Lo que demostraba que la microfiltración se ve disminuida cuando se sella la endodoncia con un material restaurador, ésta aseveración pone otra pregunta sobre la mesa: ¿Qué material es el que logra disminuir más la microfiltración?

John et al (2008), compararon la filtración coronal en los dientes con barreras intraorificio de dos milímetros de ionómero de vidrio Fuji Triage, agregado de trióxido mineral gris (MTA) y MTA blanco usando un modelo de flujo de fluido. Cuarenta dientes anteriores fueron decorados, instrumentados y obturados. Los dientes se dividieron en controles positivos y negativos y tres grupos

experimentales que recibieron barreras de dos milímetros de ionómero de vidrio Fuji Triage, MTA gris o MTA blanco. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos experimentales. Sin embargo, los controles positivos se filtraron significativamente más que todos los grupos experimentales.

Yamauchi et al (2006) evaluaron *in vivo* el efecto de las barreras intraorificio realizadas con resina e IRM sobre la microfiltración coronal. Instrumentaron sesenta y un conductos de premolares en tres perros beagle y los obturaron con gutapercha y sellador AH-plus o con gutapercha sola. Los dos milímetros coronales se reemplazaron con resina o IRM, o se dejaron sin barrera. Las cavidades de acceso se mantuvieron abiertas durante 8 meses, se sacrificaron los perros y se examinaron histológicamente las regiones periapicales de las raíces. Se observó inflamación periapical en el 89% del grupo sin barrera intraorificio, pero en aquellos con barrera, la ocurrencia se redujo al 39% (resina, gutapercha y sellador), 38% (IRM, gutapercha y sellador) y 58% (resina y gutapercha), respectivamente. Además, se observó inflamación severa en el 50% del grupo sin barrera, pero solo del 0 al 17% del grupo con barrera. La reducción sustancial de la periodontitis apical mediante el uso de la barrera intraorificio subraya la importancia clínica de proporcionar una barrera adicional ante la microfiltración coronal en comparación con la proporcionada por la gutapercha y el sellador solos.

### II.3 Estudios *in vitro* de microfiltración bacteriana

Barthel et al (2001), Estudiaron *in vitro* la filtración con bacterias; se prepararon ciento treinta raíces rectas, las raíces obturadas se asignaron a seis grupos de prueba: Clearfil, CoreRestore, IRM, Ketac Fil o una combinación de IRM/cera y Ketac Fil/cera. Las raíces se fijaron entre una cámara superior y una inferior. La cámara superior contenía caldo de soja con ciento ocho unidades formadoras de colonias de *Staphylococcus epidermidis* / mililitro, y la cámara inferior contenía caldo de soja estéril. Durante un año, se verificaron regularmente

para determinar la turbidez en sus cámaras inferiores, lo que indica el crecimiento bacteriano. Después de un año no hubo diferencias significativas entre los grupos, pero, entre los meses cinco y diez, Clearfil mostró las muestras con menos filtración; durante algunos meses esto fue estadísticamente significativo en comparación con IRM o Ketac Fil, lo que da el preámbulo para suponer que el tiempo es la variable en juego.

Fathi, Bahcall y James (2007), Evaluaron cuantitativamente la efectividad de tres materiales restauradores diferentes utilizados como barrera intracoronal para prevenir la microfiltración de los dientes tratados endodónticamente. Cincuenta y cinco dientes humanos extraídos de un solo conducto fueron asignados aleatoriamente a tres grupos experimentales: Ketac-Cem, Clearfil Protect Bond, Maxcem. La microfiltración se probó utilizando un método bacteriano estéril de dos cámaras y *Enterococcus faecalis* se utilizó como marcador microbiano. Las muestras se incubaron aeróbicamente a 37 ° C durante ciento veinte días. No se encontraron diferencias significativas en la filtración bacteriana entre los tres grupos experimentales probados. Todos los controles positivos se filtraron en sesenta días y el caldo del grupo de control negativo permaneció claro durante todo el período experimental.

### III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### III.1 Resina 3M ESPE Filtek™ Z350

En 1962 se desarrolló la resina compuesta: bisfenol A glicidil metacrilato (bis-GMA), y un agente de unión: el silano orgánico, que producía la adhesión entre las partículas de relleno y la matriz de resina. Las propiedades de la resina han resuelto los problemas de los primeros materiales restauradores; así, desde el inicio de los años setenta, han sido el material de elección para las restauraciones directas en el sector anterior y posterior (Phillips, 2004).

Las moléculas que la componen son diacrilatos, es decir, moléculas con dobles ligaduras para que puedan polimerizar por adición generando un polímero de cadenas cruzadas (termofijo). Su peso molecular (tamaño) es relativamente elevado para que la contracción que se produce como consecuencia de su polimerización no sea muy alta. Sin embargo, es común que también contengan moléculas con un peso molecular más reducido (diluyentes) para conseguir la fluidez suficiente en el líquido para poder trabajarlo. Para lograr la transformación (polimerización) en una situación clínica existen dos opciones: 1) utilizar un sistema de activación constituido por dos sustancias químicas que al reaccionar producen radicales libres capaces de iniciar el proceso (peróxido y amina) ó 2) emplear sustancias capaces de generar esta misma situación frente a la acción de una radiación de luz (dicetona y amina). En definitiva, se dispone de resinas autocurables y fotocurables. Existen en la actualidad, dentro de distintas alternativas comerciales, los denominados resinas o composites fluidos; poseen la misma composición de cualquier otra resina en términos generales, la diferencia radica en que éstas tienen una significativa menor viscosidad y un menor porcentaje de relleno cerámico, lo que les permite la adaptación con suma facilidad a las paredes cavitarias (Macchi, 2007).

Una de las opciones disponibles en el mercado es Resina 3M ESPE Filtek™ Z350 que es un nanocompuesto fluido radiopaco de baja viscosidad, fotocurable. La unión a la estructura del diente se logra mediante el uso de sistemas adhesivos dentales, ya sea de grabado total o autograbado, que están diseñados para ser compatibles con compuestos de metacrilato.

La resina contiene resinas bis-GMA, UDMA, TEGDMA y bis-EMA. Para moderar la contracción, PEGDMA ha sido sustituido por una parte de la resina TEGDMA. Los rellenos son una combinación de relleno de sílice de 2 nm, relleno de zirconia de 4 a 11 nm. La carga de relleno inorgánico es de aproximadamente 78,5% en peso (63,3% en volumen) (Baroudi y Rodrigues, 2015).

### III.2 Amalgama

Se emplea en odontología desde hace más de cien años. Es una mezcla de mercurio, un metal líquido a temperatura ambiente y dos o más metales sólidos (Bengtsson y Hylander, 2017).

En el proceso de amalgamado se mezcla el contenido de dos cámaras independientes en una cápsula, una cámara contiene el mercurio y otra el polvo de la aleación; estos componentes se mezclan en un aparato amalgamador hasta obtener una masa plástica que se condensa, bajo presión firme en las paredes de la cavidad de un diente preparado. La reacción continúa durante el periodo de manipulación en boca y disminuye a los pocos minutos que la amalgama dental decrece su resistencia y finalmente endurece, aunque la reacción continúa durante días, la amalgama dental es resistente para soportar moderadas fuerzas de oclusión dentro de la primera hora (Phillips, 2004).

Hoy en día las aleaciones que suelen comercializarse son las denominadas: de alto contenido en cobre, en las que además de plata y estaño se encuentra una proporción significativamente mayor de cobre (más del 13% y hasta 28-29% en peso). La reacción de fraguado tiene lugar en tres etapas: 1)

disolución, 2) reacción, 3) precipitación, igual a la que se produce en materiales como los cementos, aunque son distintas sustancias que reaccionan. Según el tipo de aleación de que se trate (convencional o con alto contenido de cobre) serán las fases constituyentes de la masa final. En el caso de la aleación convencional, solo dos elementos reaccionan en forma significativa: la plata y el estaño, ya que la proporción de los otros es reducida. El resultado son dos fases sólidas compuestas por átomos de plata y mercurio, y estaño y mercurio respectivamente; descritas aproximadamente como  $Ag_2Hg_3$  (fase gamma-1) y  $Sn_{7-8}Hg$  (fase gamma-2). En las aleaciones con alto contenido en cobre existe la posibilidad de reacción del mercurio con la plata, con el estaño y con el cobre, a pesar de ello, el mercurio solo lo hace con la plata, ya que el cobre y el estaño tienen mas afinidad para formar fases entre sí que para hacerlo individualmente con el mercurio. Una diferencia fundamental entre ambas amalgamas es, por lo tanto, que en las que tienen alto contenido en cobre no existe fase de estaño y mercurio (fase gamma-2) y, por ello también son denominadas amalgamas sin fase gamma-2. Dada la elevada tensión superficial de un líquido metálico como el mercurio, no es posible pretender que la amalgama se una al diente a nivel microscópico o químico, por lo tanto, su empleo requiere una preparación cavitaria con formas de retención que aseguren la permanencia de la restauración en su posición. Entre sus propiedades físicas y mecánicas se encuentra la resistencia propia de los materiales metálicos, es ópticamente opaca y buena conductora térmica y eléctrica, tiene un alto módulo de elasticidad lo que la vuelve rígida y resistente a la compresión (Macchi, 2007).

### III.3 Ionómero de Vidrio EQUIA® Forte Fil (GC)

El cemento de Ionómero vítreo, que también se denomina cemento de polialquenoato de vidrio, está compuesto por un líquido que es una solución de polímero copolímeros de ácidos alquenoicos (acrílico, maleico e itacónico), el polvo es un vidrio molido basado en sílice y alúmina. Para lograr la fusión de la sílice y la alúmina para formar el vidrio resulta conveniente incorporar otras

sustancias que faciliten el proceso, estas sustancias conocidas como fundentes, pueden ser diversas, pero resultan adecuados algunos fluoruros, si bien la finalidad de su incorporación es inicialmente industrial, su presencia adquiere importancia en la clínica odontológica, lo que resulta en el compuesto de fluoraluminosilicato de calcio. Estos cementos tienen la capacidad de adherirse químicamente a la dentina, al reaccionar parte de los grupos carboxilo de sus moléculas especialmente con el calcio de la hidroxiapatita, cuando se quiere mejorar esa adhesión, se puede preparar la superficie dentaria tratándola con soluciones de ácidos polianquenoicos (poliacrílico al 10% o 25%) durante algunos segundos y luego lavándolo. Durante el proceso de fraguado, junto con la salida de cationes de la estructura de vidrio también se produce la salida de fluoruros que quedan relativamente libres en la estructura y pueden salir de ella cuando son expuestos al medio bucal; esta situación resulta beneficiosa porque la presencia de compuestos de flúor alrededor de la restauración ayuda a los procesos de mineralización y protección contra la aparición de lesiones cariosas en su cercanía. Una vez que cierta cantidad de esos iones fluoruro ha sido liberada, el material puede reincorporarlos, esta situación puede generarse a partir de una topicación que se realice como acción preventiva odontológica, o bien enjuagatorios o pastas dentales que contengan fluoruros. Entre las propiedades del ionómero de vidrio destaca su solubilidad relativamente baja, por lo que sirve para restauraciones definitivas. Tienen una limitante y es sus propiedades mecánicas no son suficientes para resistir las fuerzas oclusales, es por eso que se han incorporado materiales como la resina para mejorar su resistencia y sus propiedades (Macchi, 2007).

Se ha introducido al mercado un nuevo tipo de ionómero de vidrio, EQUIA® Forte Fil (GC) basado en la técnica de obturación en masa (bulk fill). El nombre de esta técnica proviene de las siglas en inglés de Easy, Quick, Unique, Intelligent y Aesthetic; es un sistema rápido, fácil y sencillo; es más resistente, ya que la matriz que rodea a los rellenos de vidrio es más fuerte, lo que se logra a través de la introducción de la nueva tecnología de vidrio híbrido, además de las

partículas de vidrio convencionales, presenta partículas ultrafinas de reactivos que se dispersan en el ionómero de vidrio de alta densidad, en combinación con un ácido poliacrílico de peso molecular superior; éste nuevo vidrio híbrido tiene en su fórmula la capacidad de aumentar la disponibilidad de iones mejorando la formación de la matriz, lo que genera que ésta tenga una estructura mucho más fuerte. La técnica de obturación EQUIA tiene un beneficio dual, ya que combina la utilización de dos materiales, el Fuji IX GP Extra y el G-Coat Plus, el endurecimiento se presenta a los dos minutos y medio; además, tiene translucidez y un elevado desprendimiento de flúor, por su contenido del 10% al 23% de este elemento, por ello, su principal ventaja es su alto efecto cariostático, debido a la liberación de flúor y su actividad antibacterial (Cedillo y Lugo, 2010).

#### III.4 Biodentine®

El Biodentine es un producto a base de silicato de calcio que llegó al mercado en 2009, es fabricado por la casa comercial Septodont® y fue diseñado específicamente como material de “reemplazo de dentina”. Biodentine tiene una amplia gama de aplicaciones, incluida la reparación endodóntica (perforaciones de raíz, apexificación, lesiones de resorción, material de obturación retrógrada en cirugía endodóntica), recubrimiento pulpar y puede usarse como material de reemplazo de dentina en odontología restauradora. Su presentación es polvo-líquido los cuales se componen de la siguiente manera, polvo: silicato tricálcico, carbonato de calcio, óxido de circonio, y óxido de hierro; líquido: agua, cloruro de calcio y un polímero soluble en agua. Su tiempo de fraguado es de nueve a doce minutos, éste tiempo más corto, en comparación con otros materiales de silicato de calcio, es una mejora (Malkondu et al., 2014).

Estudios han demostrado que al colocarlo en un ambiente seco resulta en espacios en la interfaz de la dentina radicular con el material y también grietas en el material; Biodentine es altamente afectado por las condiciones ambientales; éstas grietas se definieron como significativas ya que tenían el potencial de

permitir el ingreso de microorganismos, ésta aceveración tiene relevancia clínica ya que el tipo de tratamiento realizado es un factor crítico que determina la porosidad y la filtración que se produce; en caso de que el procedimiento sea una obturación retrógrada donde el ambiente esté continuamente húmedo se produce una menor porosidad lo que resulta ventajoso, sin embargo, en procedimientos como recubrimiento pulpares, bases o reemplazo de dentina, el material generalmente se mantiene seco, lo que podría representar un problema en términos de porosidad y dan como resultado la formación de espacios en la interfaz, que conducen al paso bacteriano (Camilleri, 2013). En contraste con la anterior declaración, los resultados de un estudio de análisis de filtración de glucosa después de un año de envejecimiento de Biodentine contra ionómero de vidrio arrojaron que ambos materiales mostraron patrones de filtración similares y que Biodentine funcionó tan bien como el cemento de ionómero de vidrio modificado con resina. Otra propiedad importante de Biodentine es que no requiere una preparación específica de las paredes de dentina y también resalta la buena integridad marginal de Biodentine por la capacidad de los materiales de silicato de calcio para formar cristales de hidroxiapatita en la superficie. Estos cristales podrían tener el potencial de aumentar la capacidad de sellado, especialmente cuando se forman en la interfaz del material con las paredes dentinales (Koubi et al., 2012).

### III.5 Experimentos *in vitro* con bacterias

Se cree que el uso de microorganismos bacterianos para la evaluación de filtración es más relevante clínica y biológicamente en comparación con otros métodos, como la penetración de tinte. Se ha utilizado una amplia variedad de cepas bacterianas para evaluar la filtración marginal, produciendo resultados contradictorios, porque los métodos dependen del tipo de cepas bacterianas utilizadas. Los dispositivos para los experimentos en laboratorio con bacterias generalmente consisten en dos cámaras, lo que permite separar por completo los extremos apical y coronal de cada muestra. En la cámara inferior se coloca un

medio de cultivo que cambia su coloración en presencia de bacterias específicas. La turbidez del caldo de la cámara inferior es la primera indicación de contaminación bacteriana. Se han probado diferentes microorganismos para este fin, incluidos *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis*, *Proteus mirabilis*, *Candida albicans*, *Streptococcus salivarius*, *Staphylococcus epidermidis*, *Candida albicans*, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus mitis*, *Prevotella melaninogenica*, *Lactobacillus acidophilus*, *Actinomyces odontolyticus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Pseudomonas fluorescens* y *Fusobacterium nucleatum*. *Enterococcus faecalis* es la especie bacteriana más utilizada (Jafari y Jafari, 2017).

### III.6 *Enterococcus faecalis*

*Enterococcus faecalis* es una bacteria anaerobia facultativa Gram-positiva que se ha encontrado en la cavidad oral en asociación con enfermedad periodontal e infecciones endodónticas. Suele ser difícil de erradicar debido a su capacidad para formar biopelículas maduras y sobrevivir en entornos hostiles con escasos suministros nutricionales y pH alcalino extremo. En la cavidad oral, éste microorganismo tiene la capacidad de formar biopelículas en los conductos radiculares infectados como una mono infección, sin el apoyo de otras especies. Es capaz de penetrar los túbulos dentinarios y permanecer en la pared del conducto radicular, lo que lo hace más resistente a las terapias convencionales de desinfección endodóntica, *Enterococcus faecalis* se ha asociado con frecuencia a casos de fracaso endodóntico (Tinoco et al., 2016).

#### IV. HIPÓTESIS

##### Hipótesis de trabajo

La barrera intraorificio realizada con Resina 3M ESPE Filtek™ Z350 evita por mayor tiempo la microfiltración bacteriana en la entrada de conductos radiculares comparada con las barreras realizadas con Amalgama, Ionómero de vidrio EQUIA® Forte Fil (GC) o Biodentine®.

##### Hipótesis nula

La barrera intraorificio realizada con Resina 3M ESPE Filtek™ Z350 no evita por mayor tiempo la microfiltración bacteriana en la entrada de conductos radiculares comparada con las barreras realizadas con Amalgama, Ionómero de vidrio EQUIA® Forte Fil (GC) o Biodentine®.

## V. OBJETIVOS

### V.1 General

Determinar cual barrera intraorificio evita por mayor cantidad de días la microfiltración bacteriana al ser colocada en la entrada de conductos radiculares; Resina 3M ESPE Filtek™ Z350, Amalgama, Ionómero de vidrio EQUIA® Forte Fil (GC) o Biodentine®.

### V.2 Específicos

1. Cuantificar los días hasta que ocurra la microfiltración bacteriana a través de barreras intraorificio realizadas con Resina 3M ESPE Filtek™ Z350 y colocadas en la entrada de conductos radiculares.
2. Cuantificar los días hasta que ocurra la microfiltración bacteriana a través de barreras intraorificio realizadas con Amalgama y colocadas en la entrada de conductos radiculares.
3. Cuantificar los días hasta que ocurra la microfiltración bacteriana a través de barreras intraorificio realizadas con Ionómero de vidrio EQUIA® Forte Fil (GC) y colocadas en la entrada de conductos radiculares.
4. Cuantificar los días hasta que ocurra la microfiltración bacteriana a través de barreras intraorificio realizadas con Biodentine® y colocadas en la entrada de conductos radiculares.
5. Comparar los resultados obtenidos en las pruebas de microfiltración bacteriana a través de barreras intraorificio realizadas con cada uno de los cuatro distintos materiales, colocadas en la entrada de conductos radiculares.

## VI. MATERIAL Y MÉTODOS

### VI.1 Tipo de investigación

Experimental *in vitro*.

### VI.2 Unidad de análisis

Dispositivo con dos cámaras conectadas por medio de un tubo eppendorf que contiene un premolar al que se le realizaron previamente dos cortes transversales, los premolares fueron extraídos de pacientes por indicación ortodóncica o periodontal.

### VI.3 Muestra

Sesenta especímenes; divididos en cuatro grupos experimentales, cada uno conformado por doce especímenes, los cuales a su vez se subdividieron por la configuración del sistema de conductos radiculares: redondo, oval o dos conductos, cuatro de cada tipo; y dos grupos control, positivo y negativo fueron conformados por seis especímenes cada uno, que a su vez se subdividían por el tipo de configuración, dos de cada tipo; para la realización de las diferentes barreras intraorificio.

#### VI.3.1 Criterios de selección

Para la selección de la muestra se incluyeron dientes que cumplieran con los siguientes criterios:

Premolares superiores e inferiores sanos, indicados para extracción por razones ortodóncicas o periodontales.

Premolares sometidos a inmersión en solución salina a temperatura ambiente inmediatamente después de ser extraídos de la cavidad oral.

Premolares con un periodo no mayor de seis meses de almacenamiento después de su extracción.

Premolares con conductos permeables.

Para la selección de la muestra se excluyeron dientes que cumplieran con los siguientes criterios:

Premolares con presencia de alguna lesión cariosa o reabsorciones.

Premolares con presencia de restauraciones.

Premolares con presencia de fracturas o fisuras.

Premolares con presencia de conductos en C.

Para la selección de la muestra se eliminaron dientes que cumplieran con los siguientes criterios:

Premolares que, durante su manipulación en este estudio hayan sufrido alguna fractura coronaria.

Premolares que, durante su procesamiento se hayan contaminado.

### VI.3.2 Variables estudiadas

Variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
Días hasta que ocurra la microfiltración	Periodo determinado necesario para que las bacterias descendan desde la cámara superior a la cámara inferior a través del conducto	Observación diaria para registro del cambio de color del medio de cultivo	Cuantitativa	Continua	Días

Variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
Barrera intraorificio de Amalgama	Material metálico restaurador (aleación de Ag, Sn, Hg y Cu) que al cristalizar sella la entrada de los conductos radiculares	En la entrada de los conductos radiculares, una vez amalgamados los componentes incluidos en la cápsula, permitiendo que se ocupen los tres milímetros cervicales	Cualitativa	Nominal	-----
Barrera intraorificio de Resina 3M ESPE Filtek™ Z350	Material restaurador de composite de Bis-GMA y nanorelleno cerámico, que al fotopolimerizar sella la entrada de los conductos radiculares	En la entrada de los conductos radiculares, una vez acondicionadas las paredes dentinarias, se fotopolimeriza por 20 segundos, permitiendo que se ocupen los tres milímetros cervicales	Cualitativa	Nominal	-----
Barrera intraorificio de Ionómero de vidrio EQUIA® Forte Fil (GC)	Material restaurador de fluoralumino-silicato de calcio, que al fraguar sella la entrada de los conductos radiculares	En la entrada de los conductos radiculares luego de que el polvo y el líquido se combinen en el interior de la cápsula predosificada, permitiendo que se ocupen los tres milímetros cervicales	Cualitativa	Nominal	-----
Barrera intraorificio	Material restaurador a base de silicato de	En la entrada de los conductos radiculares luego de que el polvo y	Cualitativa	Nominal	-----

de Biodentine <sup>®</sup>	calcio, clasificado entre los materiales bioactivos, que al fraguar sella la entrada de los conductos radiculares	el líquido se combinan en el interior de la cápsula utilizando un aparato amalgamador, permitiendo que se ocupen los tres milímetros cervicales			
----------------------------	---	---	--	--	--

#### VI.4 Procedimiento

##### Fase I: Reunir y seccionar premolares

1. Se obtuvieron primeros y segundos premolares extraídos por indicación ortodóncica o periodontal los cuales fueron donados por los pacientes para ser utilizados en este estudio.

2. Se eligieron sesenta premolares, que cumplieran con los criterios de inclusión.

3. Cada premolar se examinó visualmente para descartar grietas, caries, reabsorciones y calcificación del conducto.

4. Los premolares se limpiaron de restos de ligamento periodontal y cálculo, luego se almacenaron en solución salina.

5. Se realizaron dos cortes en cada premolar: uno en la corona a tres milímetros nivel de la unión cemento-esmalte y otro a tres milímetros apicalmente desde la unión cemento-esmalte, usando un disco diamantado de baja velocidad. Dando como resultado una fracción del diente de seis milímetros de altura, como se muestra en la figura 1.



Figura 1.

6. La porción coronal de los dientes fue abocardada con una fresa diamantada en forma de flama FO-30, como se observa en la figura 2.

7. Los conductos radiculares de cada premolar, fueron conformados con una fresa de alta velocidad 544, troncocónica con punta plana de diamante, de tal modo que todos los conductos tuvieran la misma conicidad y el mismo diámetro.



Figura 2.

8. Se realizó lavado y desinfección del conducto con diez mililitros de NaOCl al 5.5%, seguidos de lavado con cinco mililitros de solución salina, luego se colocó EDTA 17% durante tres minutos y se lavó de nuevo con solución salina. Se secaron las paredes dentinarias con chorro de aire suave.

9. Se asignaron a cada grupo, de forma aleatoria los premolares seccionados; cada grupo con cuatro premolares de cada tipo de configuración de conducto (redondo, oval y dos conductos), se muestran en la figura 3; y dos de cada uno en los grupos control.



Figura 3

10. Los premolares seccionados y todo el instrumental necesario para colocar las barreras intraorificio, se esterilizó en autoclave a 121°C durante quince minutos.

#### Fase II: Colocación de barreras intraorificio

11. En el grupo experimental barrera intraorificio de Amalgama se colocó barniz de copal en las paredes de los conductos de los doce dientes del grupo.

12. Se activaron las cápsulas de amalgama de acuerdo a las indicaciones del fabricante (colocar en un amalgamador y mezclar a una velocidad de 4000-4200 rotaciones/minuto durante quince segundos).

13. Se extrajo el contenido de las cápsulas y se colocó en un paño para amalgama y se exprimió eliminando el exceso de líquido.

14. Se llevó la mezcla a los conductos radiculares con ayuda de un porta-amalgama (Hu-Friedy), y se condensó siguiendo el protocolo recomendado para amalgama, obturando los tres milímetros de cada conducto radicular.

15. El excedente de material se retiró con un instrumento recortador de amalgama (Hu-Friedy).

16. En el grupo experimental barrera intraorificio Resina 3M ESPE Filtek™ Z350 se aplicó ácido ortofosfórico al 37% (3M™ Scotchbond™) en las paredes de los conductos de los doce dientes del grupo por quince segundos y se lavó cada uno con cinco mililitros de solución fisiológica y se secó con chorro suave de aire (sin desecar).

17. Se colocó con microbrush una capa adhesiva (3M™ Scotchbond™ Universal) en las paredes dentinarias, se aplicó chorro suave de aire (sin desecar) y se fotocuró durante veinte segundos con lámpara de fotocurado.

18. Se colocó la resina fluida directamente desde la jeringa contenedora, dejando que fluya a través con la punta aplicadora obturando a totalidad los tres milímetros del conducto radicular.

19. Se fotocuró durante 20 segundos con lámpara de fotocurado (el extremo de la lámpara permaneció a un milímetro de distancia de la resina).

20. En el grupo experimental barrera intraorificio de Ionómero de vidrio EQUIA® Forte Fil (GC), la superficie dentinaria de los conductos radiculares de los doce dientes del grupo se acondicionó con una capa de ácido poliacrílico al 20% (Dentin Conditioner GC) que se aplicó con microbrush, se dejó actuar durante veinte segundos y se lavó con cinco

mililitros de solución fisiológica cada uno y se secó con chorro suave de aire (sin desecar).

21. Las cápsulas se prepararon de acuerdo a las indicaciones del fabricante, colocándolas una vez activadas en el aplicador de capsulas GC.

22. Se colocó inmediatamente el contenido en los conductos radiculares, con ayuda de la punta aplicadora, evitando el atrapamiento de burbujas de aire, obturando a totalidad los tres milímetros de cada conducto.

23. En el grupo experimental barrera intraorificio de Biodentine® se mezcló la proporción polvo-líquido siguiendo las instrucciones del fabricante: Se golpeó suavemente la cápsula sobre una superficie dura para aflojar el polvo.

24. Se abrió una cápsula a la vez y se vertió el polvo en la parte blanca de la cápsula.

25. Se abrió el contenedor de líquido con cuidado de no derramar el líquido del recipiente de dosis única.

26. Se vertieron cinco gotas en la cápsula.

27. Se cerró nuevamente la cápsula y se colocó en un dispositivo de mezcla, a una velocidad de 4000-4200 rotaciones/min durante treinta segundos.

28. Se abrió la cápsula para verificar la consistencia adecuada del material.

29. Se colocó Biodentine® con ayuda de un porta-amalgama (Hu-Friedy) en el conducto radicular evitando la formación de burbujas de aire, alisando sin comprimir el material y comprobando que se adaptara perfectamente a las paredes de la cavidad, obturando a totalidad los tres milímetros del conducto radicular. Tiempo de consolidación del material: doce minutos.

30. En el grupo control positivo se colocó barrera intraorificio de material provisional Cavit G™ con la ayuda de una espátula de resina (Hu-Friedy).

31. En el grupo control negativo se conservaron los seis premolares sanos a los que solo se les realizó el corte transversal en la raíz para confirmar la configuración del sistema de conductos radiculares, dejando así, la corona y el esmalte íntegro.

### Fase III: Modelos de microfiltración bacteriana

32. Se cortaron cinco milímetros del extremo de sesenta tubos eppendorf con disco de carburo de baja velocidad, como se observa en la figura 4.



Figura 4

33. Para fabricar los modelos de doble cámara se fijaron los dientes seccionados y con las barreras intraorificio a los tubos eppendorf, se observa en la figura 5, usando plastilina epóxica (plastiLOKA®).

34. La interfaz se selló con barniz de uñas y cianocrilato para lograr impermeabilidad.

35. Para evitar la contaminación, todos los aditamentos del dispositivo se sometieron a un ciclo de esterilización en autoclave de calor húmedo.



Figura 5

36. El proceso de montaje se realizó con guantes estériles y a un radio de treinta centímetros del mechero de gas, sobre una mesa desinfectada con Alcohol Etílico 70° GL Alc. Vol. desnaturalizado con Alcohol Isopropílico.

37. Cada tubo eppendorf se fijó a una tapadera de frasco esterilizado, previamente perforada con fresón de tungsteno en forma de flama, de la misma manera en que se fijó el diente y se sellaron todas las interfaces con barniz de uñas y cianocrilato, creando así dos cámaras separadas.

38. En la cámara inferior, permanecieron diez mililitros del caldo para enterococos para microbiología Chromocult®, éste se preparó disolviéndose a una proporción de treinta y seis gramos por litro de agua destilada, se colocó en recipientes convenientes, como se observa en la figura 6 y se esterilizó en autoclave durante quince minutos a 121°C.



Figura 6.

#### Fase IV: Inoculación bacteriana

39. En la cámara superior se colocó la suspensión microbiana: cincuenta microlitros de *Enterococcus faecalis* y quinientos microlitros de infusión cerebro-corazón (BHI), la cual se preparó disolviendo cincuenta gramos en un litro de agua purificada, luego se calentó con agitación suave y se dejó hervir durante un minuto, luego se dispensó en tubos de vidrio que después de taparlos fueron esterilizados en autoclave a 121°C durante quince minutos.

40. Cada espécimen fue marcado con una etiqueta del color correspondiente de cada grupo y con un número asignado del uno al doce para facilitar la cuantificación, y se le colocó también una etiqueta con la fecha de inoculación, tal como se muestra en la figura 7.



Figura 7.

41. Todos los especímenes se incubaron a 37°C durante cincuenta y cuatro días. Después de veinticuatro horas de incubación, se verificaron los grupos control positivo y negativo para garantizar la fiabilidad de la prueba.

42. Cada tercer día, se aspiraron quinientos microlitros de la suspensión microbiana (BHI con *Enterococcus faecalis*) de la cámara superior y se reemplazó por quinientos microlitros de infusión cerebro-

corazón (BHI). Los especímenes se observaron y registraron en la bitácora cada tercer día para determinar si existió cambio de color a azul del medio en la cámara inferior, que indica el crecimiento bacteriano de *Enterococcus* resultante de la penetración de las bacterias a través del conducto radicular.

43. Al finalizar el estudio se desecharon los residuos biológicos en el contenedor correspondiente de RPBI luego de ser esterilizados, como se muestra en la figura 8, en autoclave durante quince minutos a 121°C.



44. Una vez terminado el estudio se procedió a analizar estadísticamente los resultados haciendo las comparaciones necesarias entre los diferentes grupos.

Figura 8.

#### VI.4.1 Análisis estadístico

Se realizaron los análisis descriptivos mediante los cuales se obtuvieron la media y desviación estándar. Para conocer si existe diferencia significativa entre los seis grupos estudiados se realizó la prueba Kruskal-Wallis mediante el método Dunn.

## VII. RESULTADOS

La media de días hasta que ocurrió la filtración en los diferentes grupos de barreras intraorificio y la descripción del análisis estadístico se muestran en la tabla 1. En la tabla 2 se muestra la descripción del análisis estadístico por configuración del conducto radicular. La diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes grupos se observa en la tabla 3. En la figura 1 se observa que no hay diferencia significativa al comparar la microfiltración bacteriana en las diferentes configuraciones de conducto radicular.

Tabla 1. Resumen de resultados de los días hasta que ocurrió filtración en cada grupo

	Control negativo (n=6)	Ionómero de vidrio EQUIA® Forte Fil (GC) (n=12)	Biodentine® (n=12)	Amalgama (n=12)	Resina 3M ESPE Filtek™ Z350 (n=12)	Control positivo (n=6)	Valor de P
	<i>Media de días ± D.E. (Rango)</i>						
<b>Días hasta que ocurrió filtración</b>	51.33 ± 4.13 (46 - 54)	16.33 ± 8.63 (8 - 31)	15.5 ± 3.39 (11 - 22)	4.5 ± 1.16 (4 - 7)	23.25 ± 11.08 (15 - 46)	5.33 ± 2.06 (4 - 8)	<b>&lt; 0.0001*</b>

(N): Número de especímenes, DE: Desviación estandar, \*Significancia estadística. Prueba estadística Kruskal-Wallis.

Tabla 2. Resultados de los días hasta que ocurrió filtración por configuración del conducto

	Redondo (n=20)	2 Conductos (n=20)	Oval (n=20)	Valor de P
	<i>Media de días ± D.E. (Rango)</i>			
<b>Días hasta que ocurrió filtración</b>	18.95 ± 16.30 (4 - 54)	15.5 ± 12.01 (4 - 46)	18.3 ± 15.78 (4 - 54)	<b>0.9104</b>

(N): Número de especímenes, DE: Desviación estandar, \*Significancia estadística Prueba estadística Kruskal-Wallis.

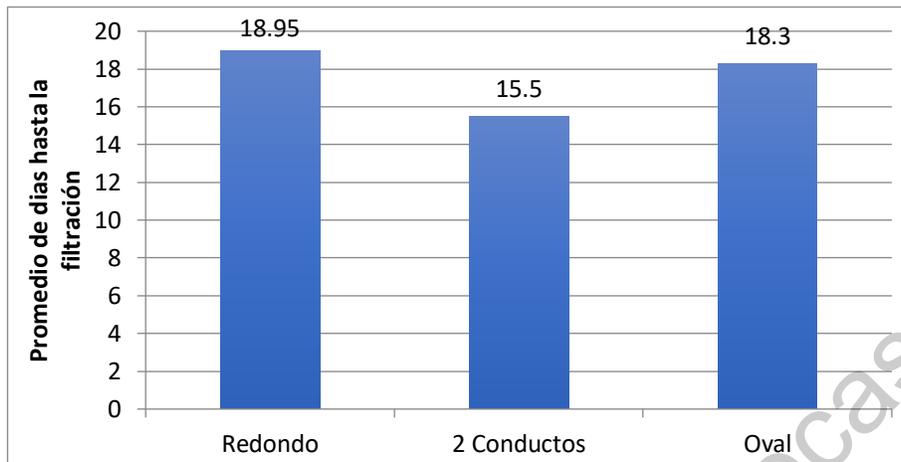


Figura 1. Comparación por configuración del conducto. No se observan diferencias estadísticamente significativas. Valor de  $P = 0.9104$ . Prueba estadística Kruskal-Wallis.

Tabla 3. Resultados de comparación entre grupos

	Estadísticamente significativo
Amalgama vs. Resina 3M ESPE Filtek™ Z350	SI
Amalgama vs. EQUIA® Forte Fil (GC)	SI
Amalgama vs. Biodentine®	SI
Amalgama vs. Control positivo	NO
Amalgama vs. Control negativo	SI
Resina 3M ESPE Filtek™ Z350 vs. EQUIA® Forte Fil (GC)	NO
Resina 3M ESPE Filtek™ Z350 vs. Biodentine®	NO
Resina 3M ESPE Filtek™ Z350 vs. Control positivo	SI
Resina 3M ESPE Filtek™ Z350 vs. Control negativo	NO
EQUIA® Forte Fil (GC) vs. Biodentine®	NO
EQUIA® Forte Fil (GC) vs. Control positivo	NO
EQUIA® Forte Fil (GC) vs. Control negativo	NO
Biodentine® vs. Control positivo	NO
Biodentine® vs. Control negativo	NO
Control positivo vs. Control negativo	SI

Prueba estadística Kruskal-Wallis Post Hoc Dunn. SI:  $P < 0.0001$ .

## VIII. DISCUSIÓN

El presente estudio se evaluaron cuatro grupos de barreras intraorificio, cada una fabricada con su respectivo material. El objetivo principal fue determinar cuál de estos materiales restauradores evita por mayor tiempo la microfiltración bacteriana. Bailón et al. (2011) observaron que el mantenimiento de un sello duradero del sistema del conducto radicular es necesario para evitar microfiltraciones, y la restauración de la corona es un requisito importante para el éxito de la endodoncia a largo plazo.

Tradicionalmente, la prevención de la microfiltración mientras se realiza la restauración coronal final se logra utilizando materiales temporales, que tienen sus limitaciones; por esta razón, Jenkins et al. (2006) afirmaron que la parte coronal del conducto radicular debe sellarse lo más cerca posible y que, el uso de un material como barrera intraorificio podría mitigar la filtración bacteriana si la restauración se perdiera o no fuera adecuada; se utilizó tinta en su experimento pero se observó que todos los materiales estudiados filtraron, aunque, no de igual manera. Al tratar de reducir la microfiltración se asevera que todos los materiales existentes en el mercado eventualmente filtrarán, por esa razón se han buscado los materiales que prueben reducir éste inminente hecho y mantener sellado el conducto radicular durante más tiempo.

Yamauchi et al. (2006) realizaron un estudio en perros donde demostraron que la obturación, por sí sola, no bloquea suficientemente la invasión de bacterias y / o sus subproductos, lo que conduce a una microfiltración coronal y finalmente a una inflamación periapical. Sus resultados proporcionaron más evidencia de que éstos materiales de obturación convencionales por sí solos no pueden bloquear la microfiltración coronal y, después de ocho meses de exposición a la cavidad oral, casi todas las raíces examinadas (89%) presentaban inflamación. Más de la mitad de esos casos fueron inflamación severa. La colocación de barreras intraorificio mostró tasas de inflamación significativamente más bajas (en un 50%)

en comparación con el grupo sin barreras. Dejando muy claro que el grado de inflamación periapical es proporcional a la cantidad de bacterias que logran filtrarse hasta el periápice.

Se puede utilizar una variedad de modelos experimentales para medir la filtración a través de raíces; como la penetración de tintes, penetración de glucosa, el transporte de fluidos y la penetración de bacterias. En el presente estudio se utilizó la penetración de bacterias.

Jafari (2017) realizó una revisión sistemática de la literatura para comparar los diferentes métodos para medir la filtración y, aunque su conclusión fue que todos los métodos son útiles si los estudios se realizan estrictamente con tamaños de muestra grandes y grupos de control adecuados y si la técnica se puede estandarizar; se cree que el uso de organismos bacterianos para la evaluación de filtraciones es más relevante clínica y biológicamente en comparación con el método de penetración del tinte; con base en ésta afirmación se eligió utilizar éste modelo experimental. Los sistemas generalmente constan de dos cámaras, lo que permite separar completamente los extremos apical y coronal de cada muestra. La turbidez del caldo de la cámara apical es el primer indicio de contaminación bacteriana. Los estudios bacterianos se consideran cualitativos más que cuantitativos, si solo una bacteria penetra en el conducto radicular obturado, podría multiplicarse en el caldo enriquecido, causando turbidez. Aunque existe una amplia variedad de cepas bacterianas para estudios en laboratorio, *Enterococcus faecalis* es la especie bacteriana más utilizada, por su accesible obtención se eligió para el presente estudio.

Wolcott, Hicks y Himel (1999) discutieron las propiedades requeridas de una barrera intraorificio. Según ellos deben ser de fácil aplicación, adherirse a la estructura del diente, proporcionar un sellado hermético contra las microfiltraciones, deben ser distinguibles de la estructura del diente y no interferir con la restauración final del diente. Aunque estudios previos han demostrado la

eficacia óptima de las barreras intraorificio, no se ha llegado a un consenso sobre un protocolo o material específico para su uso como barrera coronal en dientes tratados endodónticamente, excepto sobre el espesor de la barrera intraorificio, diversos autores como Pisano et al. (1998), Wolcott et al. (1999) y Sauáia et al. (2006) recomiendan que sea de tres a cuatro milímetros para no comprometer la obturación endodóntica ni la restauración definitiva posterior. Se están realizando intentos para encontrar un material con el potencial de proporcionar un sello a largo plazo.

En este estudio se eligieron las marcas comerciales que se consideraron más representativas de cada tipo de material, la amalgama es un material que, aunque antiguo sus ventajas como durabilidad y resistencia han quedado ampliamente demostradas. En cuanto a la marca de la resina, el ionómero y el material hidráulico o mejor conocido como biocerámico se eligió según el criterio del autor, el más utilizado actualmente. En cuanto al número de pasos y la complejidad de la colocación, Amalgama, Biodentine® y EQUIA® Forte Fil (GC) requieren del aparato amalgamador lo cual puede resultar poco práctico, adicionalmente el EQUIA® Forte Fil (GC) requiere también de una pistola aplicadora que produce y vende la misma casa comercial; la Resina 3M ESPE Filtek Z350™ aunque requiere de una lámpara de fotocurado, resulta más común que se cuente con una en cada consultorio dental y aunque en el presente protocolo se eligió utilizar ácido grabador y primer por separado, hoy en día existen novedosas técnicas adhesivas que simplifican los pasos para colocar toda clase de resinas. Referente al precio de cada material, es notoriamente menor el costo de la Amalgama en comparación con el resto de los materiales de los cuales el Biodentine® resulta ser el más costoso; otro inconveniente a destacar en los materiales con presentación en cápsulas predosificadas de un solo uso, es la posibilidad de que la cantidad requerida sea mucho menor que la que traen las cápsulas causando así un desperdicio de material; esta afirmación supone una ventaja para la Resina 3M ESPE Filtek Z350™ ya que su presentación es en

jeringa lo cual permite usar solo la cantidad necesaria, representando un ahorro que a largo plazo pudiera ser significativo.

Al analizar estadísticamente los datos obtenidos de los seis grupos, se encontró significancia estadística (Valor de  $P < 0.0001$ ) mediante la prueba Kruskal-Wallis. El grupo control negativo fue el que presentó mayor número de días hasta que ocurrió filtración:  $51.33 \pm 4.13$  y de los cuatro grupos experimentales el grupo Resina 3M ESPE Filtek™ Z350 fue el que presentó el mayor número de días hasta que ocurrió filtración:  $23.25 \pm 11.08$ , seguido por el Ionómero de vidrio EQUIA® Forte Fil (GC) que presentó  $16.33 \pm 8.63$ , luego el Biodentine®  $15.5 \pm 3.39$ , y el grupo Amalgama presentó  $4.5 \pm 1.16$ , siendo incluso menor que el grupo control positivo que obtuvo  $5.33 \pm 2.06$ .

No hubo diferencia significativa al comparar mediante la prueba Dunn al grupo Resina 3M ESPE Filtek™ Z350 con el grupo control negativo, ni con el grupo Ionómero de vidrio EQUIA® Forte Fil (GC) ni Biodentine®, pero si existió diferencia significativa al compararse con el grupo Amalgama y el grupo control positivo.

Los grupos Ionómero de vidrio EQUIA® Forte Fil (GC) y Biodentine®, no presentaron diferencia significativa con el grupo control positivo, pero si con el grupo Amalgama.

Los resultados que presentó el grupo Amalgama difirieron de los reportados por Roghanizad y Jones (1996) donde la Amalgama fue la que obtuvo el mejor desempeño entre todos los grupos experimentales, una posibilidad es que el bajo desempeño de la amalgama en el presente estudio se debió a que las bacterias se inocularon a las 24 horas de haber colocado la amalgama y, aunque se siguieron todos los protocolos correctamente para la colocación de la amalgama, utilizando el barniz de copal y realizando la condensación adecuada, está demostrado que sus propiedades mecánicas mejoran con el paso del tiempo,

siendo una de las restauraciones con más longevidad reportada, lo que pudiera explicar los resultados obtenidos.

Consistente a lo reportado por John et al. (2008) entre los materiales biocerámicos y el ionómero de vidrio no hubo diferencia significativa, ambos grupos arrojaron resultados similares. Los resultados coinciden también con los reportados por Jenkins et al. (2006) donde el material restaurador de resina fue significativamente mejor que el biocerámico y el material temporal; y que poner una barrera intraorificio independientemente del material con el cual se realice, es más beneficioso que no colocarla.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

## IX. CONCLUSIONES

La Resina 3M ESPE Filtek™ Z350 fue la barrera intraorificio que evitó por más días la microfiltración bacteriana pero la diferencia no fue estadísticamente significativa al ser comparada con la barrera de Ionómero de vidrio EQUIA® Forte Fil (GC) y con la barrera de Biodentine®.

La Resina 3M ESPE Filtek™ Z350 no presentó diferencia significativa con el grupo control negativo lo que prueba su buen desempeño como barrera intraorificio.

La amalgama a pesar de ser un material que ha probado su eficacia a través del tiempo no presentó la capacidad de detener la microfiltración cuando se expone a *Enterococcus faecalis* a las 24 horas de haberse colocado como barrera intraorificio.

No existe diferencia significativa al comparar los resultados de los días hasta que ocurrió microfiltración bacteriana en los diferentes tipos de configuración de conducto estudiados, los cuales fueron redondo, oval y dos conductos.

Colocar una barrera en la entrada de los conductos radiculares tratados endodónticamente disminuye significativamente la microfiltración bacteriana.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Baroudi K., and Rodrigues J. 2015. Flowable Resin Composites: A Systematic Review and Clinical Considerations. *J. Clin. Diagn. Res.* 9(6):ZE18–24.
- Bailón M., González S., González M., Poyatos R., and Ferrer M. 2011. Intraorifice sealing ability of different materials in endodontically treated teeth. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 16(1):105-9.
- Barthel CR., Zimmer S., Wussogk R., and Roulet, JF. 2001. Long-Term Bacterial Leakage along Obturated Roots Restored with Temporary and Adhesive Fillings. *J. Endod.* 27(9):559–62.
- Bengtsson U., and Hylander L. 2017. Increased Mercury Emissions from Modern Dental Amalgams. *BioMetals.* 30(2):277–83.
- Bergenholtz G., Hørsted-Bindslev P., and Reit C. 2011. *Endodoncia.* 2ª ed. México: Editorial El Manual Moderno.
- Bengtsson U., and Hylander L. 2017. Increased Mercury Emissions from Modern Dental Amalgams. *BioMetals.* 30(2):277–83.
- Camilleri J. 2013. Investigation of Biodentine as Dentine Replacement Material. *Int. J. Dent.* 41(7):600–610.
- Carman J., and Wallace J. 1994. An in Vitro Comparison of Microleakage of Restorative Materials in the Pulp Chambers of Human Molar Teeth. *J. Endod.* 20(12):571–75.
- Cedillo J., and Lugo J. 2010 Ionómero de vidrio recargable como restauración definitiva (equia). *Revista ADM.* 67(4):185-91.
- Fathi B., Bahcall J., and James S. 2007. An In Vitro Comparison of Bacterial Leakage of Three Common Restorative Materials Used as an Intracoronal Barrier. *J. Endod.* 33 (7):872–74.
- Goldman L., Goldman K., Kronman J., and Letourneau M. 1980. Adaptation and porosity of poly-HEMA in a model system using two microorganisms. *J Endod.* 19(66):863-6.

- Jafari F., and Jafari S. 2017. Importance and Methodologies of Endodontic Microleakage Studies: A Systematic Review. *J. Clin. Exp. Dent.* 9(6):e812–19.
- Jack R., and Goodell G. 2008. In Vitro Comparison of Coronal Microleakage between Resilon Alone and Gutta-Percha with a Glass-Ionomer Intraorifice Barrier Using a Fluid Filtration Model. *J. Endod.* 34(6):718–20.
- Jenkins S., Kulild J., Williams K., Lyons W., and Lee C. 2006. Sealing ability of three materials in the orifice of root canal systems obturated with gutta-percha. *J Endod.* 32:225-7.
- John A. D., Webb T., Imamura G., and Goodell G.G. 2008. Fluid Flow Evaluation of Fuji Triage and Gray and White ProRoot Mineral Trioxide Aggregate Intraorifice Barriers. *J. Endod.* 34(7):830–32.
- Kakehashi S., Stanley L., and Fitzgerald R. 1965. The Effects of Surgical Exposures of Dental Pulp in Germ-Free and Conventional Laboratory Rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 20(3):340–49.
- Khayat A., Lee J., and Torabinejad M. 1993. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *J. Endod.* 19(9):458-461.
- Koubi S. H., Elmerini G., Koubi H. T., and Camps J. 2012. Quantitative Evaluation by Glucose Diffusion of Microleakage in Aged Calcium Silicate-Based Open-Sandwich Restorations. *Int. J. Dent.*
- Lee K. S., Kim J.S., Lee D. Y., Young R., and Shin J. 2015. In Vitro Microleakage of Six Different Dental Materials as Intraorifice Barriers in Endodontically Treated Teeth. *DENT. MATER. J.* 34(4):425–31.
- Macchi R.L. 2007. *Materiales Dentales*. 4<sup>a</sup> Ed. Argentina: Panamericana.
- Malkondu Ö., Kazandağ M.K., and Kazazoğlu E. 2014. A Review on Biodentine, a Contemporary Dentine Replacement and Repair Material.” *Biomed Res. Int.*
- Peters L. B., Wesselink P. R., and Moorer W. R. 1995. The fate and the role of bacteria left in root dentinal tubules. *Int. Endod. J.* 28(2):95-99.
- Phillips Ralph W. 2004. *Ciencias de los Materiales Dentales*. 11<sup>a</sup> ed. México. Elsevier.

- Pisano M., DiFiore M., McClanahan S., Lautenschlager P., Duncan L. 1998  
Intraorifice sealing of gutta-percha obturated root canals to prevent coronal  
microleakage. *J Endod.* 24:659-662.
- Roghanizad N., and Jones J. J. 1996. Evaluation of coronal microleakage after  
endodontic treatment. *J. Endod.* 22(9):471-473.
- Sauáia T., Gomes B., Pinheiro E., Alexandre A., Caio C., and Souza-Filho J.  
2006. Microleakage Evaluation of Intraorifice Sealing Materials in  
Endodontically Treated Teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol  
Endod.*102(2):242–46.
- Saunders W. P., and Saunders E. M. 1994. Coronal leakage as a cause of failure  
in root-canal therapy: a review. *Dent. Traumatol.* 10(3):105-108.
- Siqueira J., Rôças I., Favieri A., Ernani C., Antônio J., and Sérgio M. 2000.  
Bacterial Leakage in Coronally Unsealed Root Canals Obturated with 3  
Different Techniques. *Oral. Surg. Oral. Med. Oral. Pathol. Oral. Radiol.  
Endod.* 90(5):647–50.
- Tinoco J. M., Bettina B., Zhang H., Liss N., Sassone L., and Stevens R. 2016.  
Effect of a Genetically Engineered Bacteriophage on *Enterococcus Faecalis*  
Biofilms. *Arch. Oral. Biol.* 71: 80–86.
- Torabinejad M., Ung B., and Kettering J. 1990. In vitro bacterial penetration of  
coronally unsealed endodontically treated teeth. *J. Endod.*16(12):566-569.
- Vallés M., Roig M., Duran-Sindreu F., Martínez S., and Mercadé M. 2015. Color  
Stability of Teeth Restored with Biodentine: A 6-Month in Vitro Study. *J.  
Endod.* 41(7):1157-1160.
- Wolcott F., Hicks, M., and Himel T. 1999. Evaluation of pigmented intraorifice  
barriers in endodontically treated teeth. *J. Endod.* 25(9):589-592.
- Yamauchi S., Shipper G., Buttke T., Yamauchi M., and Trope M. 2006. Effect of  
orifice plugs on periapical inflammation in dogs. *J. Endod.* 32(6):524-52.