



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ODONTOLÓGÍA  
DEPARTAMENTO DE ODONTOLÓGÍA CONSERVADORA  
LABORATORIO DE CIENCIAS DE LOS MATERIALES  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA ADHESIVA DEL  
CEMENTO TOPSEAL® AL BIODENTINE® Y AL AGREGADO TRIÓXIDO  
MINERAL ESTUDIO EXPERIMENTAL *IN VITRO*”**

**Magdalena Almarza Cruz**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE**

**CIRUJANO-DENTISTA**

**TUTOR PRINCIPAL**

Prof. Dr. Mauricio Garrido Flores

**TUTORES ASOCIADOS**

Dra. Isabel Mardones Peñailillo

Dra. Alessandra Poli Harlowe

**TUTORES EXPERTOS**

Prof. Rodrigo Espinoza Gonzáles

Prof. Fernando Guzmán Olivos

**Adscrito a Proyecto PRI-ODO 01/016  
Santiago - Chile  
2016**





**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ODONTOLÓGÍA  
DEPARTAMENTO DE ODONTOLÓGÍA CONSERVADORA  
LABORATORIO DE CIENCIAS DE LOS MATERIALES  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA ADHESIVA DEL  
CEMENTO TOPSEAL® AL BIODENTINE® Y AL AGREGADO TRIÓXIDO  
MINERAL ESTUDIO EXPERIMENTAL *IN VITRO*”**

**Magdalena Almarza Cruz**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE**

**CIRUJANO-DENTISTA**

**TUTOR PRINCIPAL**

Prof. Dr. Mauricio Garrido Flores

**TUTORES ASOCIADOS**

Dra. Isabel Mardones Peñailillo

Dra. Alessandra Poli Harlowe

**TUTORES EXPERTOS**

Prof. Rodrigo Espinoza Gonzáles

Prof. Fernando Guzmán Olivos

**Adscrito a Proyecto PRI-ODO 01/016  
Santiago - Chile  
2016**

## **AGRADECIMIENTOS**

- A todos quienes me formaron y acompañaron en este camino.

## ÍNDICE

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Marco Teórico</b>	<b>2</b>
<b>Hipótesis y Objetivos</b>	<b>11</b>
<b>Materiales y Métodos</b>	<b>12</b>
<b>Resultados</b>	<b>17</b>
<b>Discusión</b>	<b>21</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>24</b>
<b>Referencias Bibliográficas</b>	<b>25</b>

## ❖ RESUMEN

**Introducción:** El Agregado Trióxido Mineral (MTA) y el Biodentine® (BD®), materiales usados como tope apical o para sellar perforaciones, quedan en contacto con el cemento sellador endodóntico, al cual deben adherirse adecuadamente.

**Objetivo:** Comparar la resistencia adhesiva del cemento sellador endodóntico Topseal® al BD® y al Pro-Root MTA®, *in vitro*

**Hipótesis:** La resistencia adhesiva *in vitro* del Topseal® al BD® sería mayor que la del Topseal® al Pro-Root MTA®.

**Material y Método:** Estudio experimental *in vitro*. 20 surcos (n=20) tallados en acrílico fueron rellenados con: Grupo 1 (n=10): MTA; Grupo 2 (n=10): Biodentine®. Luego, fueron cubiertos por Topseal®. Mediante el test de scratch se evaluó la resistencia adhesiva, en Newton (N), de la película de Topseal® al MTA y al BD®, es decir, fuerza a la cual se rompe la película. El modo de fractura o falla adhesiva se observó primero con microscopía óptica con 5x de magnificación y luego con microscopio electrónico de barrido (MEB), equipado con Espectroscopía de dispersión de Rayos X.

**Resultados:** El Topseal® presentó valores de resistencia adhesiva significativamente mayores cuando estaba unido al BD® que al Pro-Root MTA® ( $p < 0,05$ ). El tipo de falla adhesiva predominante para el grupo MTA-Topseal® fue de tipo adhesiva y para el grupo BD-Topseal® fue de tipo cohesiva.

**Conclusiones:** El Topseal® tiene mejor adhesión al BD® que al Pro-Root MTA®, lo que podría determinar un mejor sellado apical del diente tratado.

## ❖ INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos fundamentales de la etapa de obturación de los canales radiculares (OCR) de la terapia endodóntica, es lograr un sellado tridimensional del sistema de canales radiculares (SCR), obteniéndose así un relleno hermético que evite la infiltración de fluidos y microorganismos para mantener la salud de los tejidos perirradiculares en el tiempo. Para ello, debe lograrse una fuerte adhesión de los distintos materiales a utilizar.

Dentro de los materiales empleados frecuentemente para obturar el SCR, se encuentran la gutapercha más un cemento sellador. Uno de los cementos más utilizados es el Topseal®, a base de resina epóxica, que permite la adhesión de la gutapercha a las paredes dentinarias (Lucena, Ferrer y cols. 2002). Por otra parte, para generar tope apical en dientes con ápice abierto y para el sellado de perforaciones, se usan cementos a base de silicato cálcico, como el Agregado Trióxido Mineral (MTA) y el Biodentine® (BD®) (Parirokh y Torabinejad 2010).

Hasta ahora, no se han publicado estudios que determinen la fuerza de adhesión que se establece entre el cemento sellador y los cementos a base de silicato cálcico. Por ello, teniendo en cuenta que se debe lograr un sellado lo más hermético posible, es importante conocer, la resistencia adhesiva de la película de Topseal® sobre MTA y BD®, lo que podría ayudar a evitar posibles microfiltraciones que pueden tener como consecuencia el fracaso del tratamiento endodóntico.

Mediante este proyecto de tesis se buscó evaluar y comparar la resistencia adhesiva del cemento sellador endodóntico Topseal® al BD® y Pro-Root MTA® a través de un estudio experimental *in vitro* (test de scratch).

## ❖ MARCO TEÓRICO

La terapia endodóntica convencional tiene dos objetivos principales; el primero es la eliminación del tejido pulpar, restos necróticos y/o microorganismos que puedan encontrarse dentro del SCR mediante la preparación quimiomecánica; el segundo objetivo es lograr el sellado tridimensional del SCR previniendo la infiltración de fluidos tisulares, microorganismos y sus productos hacia el interior del diente tratado. (Caviedes y cols. 2010).

Un sellado apical ideal evita la entrada de irritantes residuales en la región periapical y la filtración de fluidos del tejido periapical en el SCR. Los materiales de sellado apical deben poseer propiedades ideales tales como bio-compatibilidad, estabilidad dimensional, radiopacidad, propiedades antibacterianas, fácil manejo, adecuada resistencia a la compresión, dureza, propiedades osteoinductivas y osteoconductoras y adhesión a las paredes del canal para proporcionar un buen sellado apical. (Soundappan, Sundaramurthy y cols. 2014)

Cuando se genera un relleno insuficiente del SCR, quedan espacios que son vías de infiltración, favoreciendo una reinfección. Estudios transversales han demostrado una fuerte asociación entre radiolucidez apical y relleno inadecuado del SCR, donde la frecuencia de lesiones apicales en dientes con tratamientos de endodoncia varía entre un 39% y un 64% (Gündüz, Avsever y cols. 2011). Esta discrepancia en las tasas de éxito evidencia que la calidad del tratamiento de canales es un factor clave para el pronóstico del diente (Jarrett, Marx y cols. 2004) (Siqueira y Rocas 2008). Por este motivo, es fundamental elegir materiales que tengan el mejor comportamiento físico-químico, para que la obturación sea lo más uniforme y hermética posible.

Desde la época del 1800 se han ido desarrollando distintos materiales y técnicas para rellenar el SCR, entre ellas el relleno ortógrado y el relleno retrógrado. En el primero se utiliza una combinación de gutapercha más un cemento sellador, donde la gutapercha se introduce por el canal radicular desde una cavidad de acceso en combinación con el cemento sellador que permite un sellado más completo y adhesión de la gutapercha a las paredes



dentinarias, evitando así que queden espacios que podrían ser vías de infiltración de bacterias (Parirokh y Torabinejad 2010) (Lee, Williams y cols. 2002).

Por otra parte, el relleno retrógrado es una de las técnicas utilizadas en cirugía apical, que consiste en la exposición de la zona apical afectada, la eliminación de la lesión periapical si ésta existe, la resección del ápice radicular y sellado del SCR con la colocación de un material de obturación retrógrado (Aranguren 2009).

La cirugía apical se lleva a cabo cuando hay patología perirradicular persistente a pesar de haber efectuado un tratamiento convencional de endodoncia o cuando el tratamiento endodóntico ortógrado no es factible (Aranguren 2009). Por ello, la cirugía apical es reconocida como posible tratamiento para la resolución de las patologías que requieren la remoción del ápice radicular, donde se utilizan materiales biocompatibles como son los basados en silicatos cálcicos, tales como el Agregado Trióxido Mineral (MTA), ofrecido por varias casas comerciales con diferentes nombres, y el Biodentine® (BD®) (Septodont, Saint Maur des Fosses, Francia).

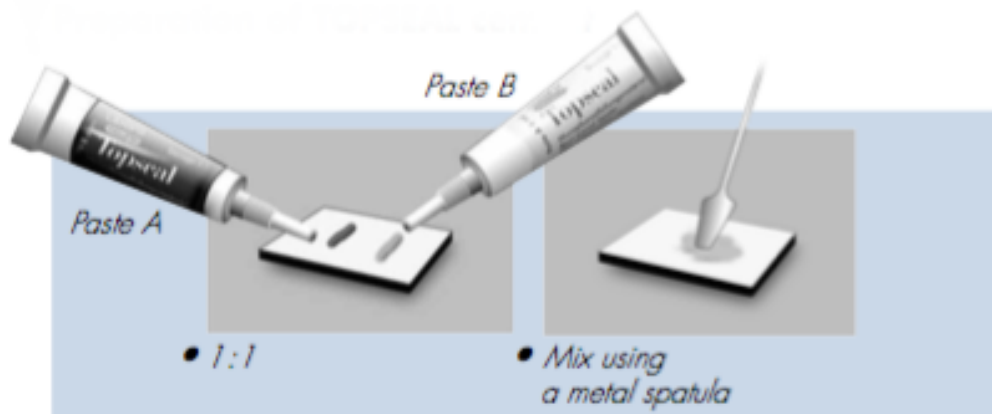
### **Cementos selladores en endodoncia**

La obtención de un sellado hermético es, junto con la limpieza y la conformación del canal radicular, clave para que un tratamiento de endodoncia tenga éxito a largo plazo. Por ello es fundamental el uso de cementos selladores que permitan un cierre tridimensional entre la gutapercha y las paredes dentinarias. Hasta ahora, se han introducido distintos tipos de cementos selladores para ser utilizados en endodoncia, cada uno de ellos a base de materiales distintos, como óxido de zinc eugenol, hidróxido de calcio, vidrio ionómero, resina epóxica, entre otros (Lee, Williams y cols. 2002).

- **Topseal®**

El Topseal® (Maillefer, Ballaigues, Suiza), cemento a base de resina epóxica, es uno de los que posee mejores propiedades de sellado apical y presenta una buena biocompatibilidad y radiopacidad (Lucena, Ferrer y cols.

2002). Su presentación es pasta – pasta, preparándose en una proporción de 1:1 y tiene un tiempo de fraguado total de 8 horas (**Figura 1**).



**Figura 1:** Preparación del cemento Topseal®. Manual instrucciones de uso cemento Topseal®. Dentsply, Maillefer.

En un estudio realizado por Kwang – Won Lee y cols. el año 2002 donde se comparó la fuerza adhesiva que se generaba a la dentina y a la gutapercha entre este cemento a base de resina epóxica y otros tres cementos selladores a base de materiales distintos (óxido de zinc eugenol, hidróxido de calcio y vidrio iónomero) se demostró que el Topseal®, mostraba los mayores niveles de adhesión tanto a la dentina como a la gutapercha, siendo mayor la adhesión a la dentina que a la gutapercha (fuerza adhesiva a la dentina  $8,8 \pm 1,13$  MPa y fuerza de adhesión al cizallamiento a la dentina y a la gutapercha de  $5,9 \pm 1,05$  y  $3,8 \pm 0,55$  MPa respectivamente) (Lee, Williams y cols. 2002). Debido a esta gran fuerza adhesiva tanto a la dentina como a la gutapercha, es que Topseal® es el cemento sellador de elección en endodoncia, por sobre los otros existentes en el mercado.

### **Materiales basados en Silicatos Cálcicos**

Los cementos de silicatos empezaron a utilizarse como materiales de restauración a finales del siglo XIX. Su principal ventaja es que poseen un coeficiente de variación dimensional térmica similar al de los tejidos dentarios, propiedades anticariogénicas, por la presencia de un 20% de fluoruros en la composición del polvo, y bajo costo. Debido a su largo tiempo de fraguado

fueron desplazados por otros materiales con mejores propiedades restauradoras, y hoy en día se utilizan principalmente como selladores endodócticos (Watson, Atmeh y cols. 2014).

Recientemente han aparecido cementos basados en silicatos cálcicos, tales como el MTA y el BD®, que presentan propiedades biológicas y físicas superiores a los materiales dentales convencionales, además de diversas aplicaciones clínicas. Entre ellas destacan su uso para recubrimiento pulpar, tope apical en dientes con ápice abierto y para el sellado de perforaciones (D. Correa y cols. 2013) (Parirokh y Torabinejad 2010) (**Tabla 1**).

Los materiales utilizados en el relleno apical de raíces y sellado de perforaciones deben poseer propiedades ideales como biocompatibilidad, estabilidad dimensional, radiopacidad, capacidad de mantenerse estable en un ambiente húmedo, propiedades antibacteriana, fácil manejo, adecuada resistencia compresiva y dureza, propiedades osteoconductoras y osteoinductivas y buena adhesión a las paredes del canal para proporcionar un buen sellado apical. En este aspecto, el MTA junto con el BD® han mostrado una buena capacidad de sellado y biocompatibilidad tanto en estudios *in vitro* como *in vivo* (Soundappan y cols 2013).

**Tabla 1: Indicaciones clínicas de materiales basados en silicatos cálcicos**

MTA	Biodentine®
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recubrimiento pulpar.</li> <li>• Pulpotomía.</li> <li>• Formación de barrera apical en dientes con ápices abiertos.</li> <li>• Reparación de perforaciones radiculares</li> <li>• Obturación del SCR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recubrimiento pulpar.</li> <li>• Pulpotomía.</li> <li>• Apexificación.</li> <li>• Sellado de perforaciones radiculares.</li> <li>• Obturación de reabsorciones internas/externas.</li> <li>• Material de relleno apical.</li> </ul>

(Parirokh y Torabinejad 2010 a, Malkondu, Karapinar Kazandag et al 2014)

- **Agregado Trióxido Mineral (MTA)**

Desde la introducción del MTA en 1993, numerosos estudios han sido publicados en relación a este material y sus aplicaciones endodónticas.

El MTA se comercializa actualmente en dos formas: el MTA gris (GMTA) y el MTA blanco (WMTA). El GMTA fue el primero en aparecer, pero producto a su potencial descoloramiento se creó el WMTA. Estudios han mostrado que el WMTA tiene concentraciones menores de aluminio y magnesio son menores que el GMTA y además los cristales de GMTA son 8 veces más grandes que los de WMTA (Parirokh y Torabinejad 2010 a).

El MTA está compuesto por silicato tricálcico y óxido de bismuto (Camilleri, Montesin y cols. 2005), se prepara mezclando el polvo con agua estéril en una proporción 3:1 (polvo: líquido), siendo su tiempo de fraguado de 4 horas (Coomaraswamy, Lumley y cols 2007). Se ha probado que favorece la formación de hueso y cemento, y puede facilitar la regeneración del ligamento periodontal sin provocar inflamación (Parirokh y Torabinejad 2010 a) (Parirokh y Torabinejad 2010 b) (Torabinejad y Parirokh 2010).

Cuando el polvo de MTA es mezclado con agua, se forman inicialmente hidróxido de calcio (CH) y silicato cálcico hidratado (CSH) y, finalmente, se transforman en un gel sólido pobremente cristalizado y poroso. La relación de silicato de calcio disminuye debido a la formación de un precipitado de calcio. El calcio precipitado produce hidróxido de calcio, que es la causa de la alta alcalinidad del MTA después de haber sido hidratado (pH de 10,2 después de haber sido mezclado y 12,5 a las 3 horas de su preparación) (Parirokh y Torabinejad 2010 a). El bismuto, en cambio, afecta la precipitación del hidróxido de calcio después de la hidratación del MTA. Debido a que el óxido de bismuto se disuelve en un ambiente ácido, se ha sugerido que la colocación de MTA en un ambiente ácido, tal como tejidos inflamados podría dar lugar a la liberación de óxido de bismuto; esto podría disminuir la biocompatibilidad del MTA porque el óxido de bismuto no estimula la proliferación de células en cultivo celular (Parirokh y Torabinejad 2010 a).

Dentro de las principales ventajas del MTA tenemos que es un material capaz de sellar las vías de comunicación entre el SCR y los tejidos circundantes, además de ser inocuo, insoluble en los fluidos tisulares, y

dimensionalmente estable. Por otro lado, en cuanto a sus propiedades mecánicas se ha visto que su resistencia compresiva es de 41 MPa luego de 24 horas y aumenta hasta 76,8 MPa en presencia de humedad hasta 28 días después de fraguado (Butt, Talwar y cols. 2014), lo que hace necesario dejar de una sesión a otra un trozo pequeño de algodón o punta de papel húmeda para mejorar sus propiedades (Torabinejad, Hong y cols. 1995). La resistencia compresiva del MTA es baja en comparación a los valores reportados para la dentina humana ( $297 \pm 24$  MPa) (Butt, Talwar y cols. 2014). Esto, junto con su difícil manipulación y su largo tiempo de fraguado son sus principales desventajas clínicas (Kong, He y cols. 2006).

El Pro-Root MTA® (Denstply Maillefer, Tulsa Dental, Estados Unidos) está aprobado por la FDA y se encuentra disponible en el mercado, por lo que fue escogido para ser utilizado en este estudio.

- **Biodentine® (BD®)**

El BD®, por otro lado, está dentro de un grupo de materiales llamados biocerámicos, los cuales fueron especialmente diseñados para uso clínico, que incluyen a la alúmina, zirconio, vidrio bioactivo, vidrios cerámicos, hidroxiapatita y fosfatos de calcio reabsorbibles. Estos poseen propiedades osteoconductoras, ausencia de toxicidad, son químicamente estables y biocompatibles (Yañez 2015). El BD® es un material relativamente nuevo, introducido como un “sustituto dentinario”.

El polvo está compuesto por silicato tricálcico, carbonato de calcio y dióxido de zirconio. Mientras que el líquido contiene cloruro de calcio, que acelera el tiempo de fraguado, y excipientes. Se presenta en formato de cápsula-monodosis y su tiempo de fraguado es entre 9 y 12 minutos (Malkondu, Karapinar Kazandag y cols 2014) (Aggarwal, Miglani y cols. 2013).

El BD® presenta excelente propiedades biológicas similares a las del MTA. Después de mezclarse el polvo con el líquido, las partículas de silicato de calcio del BD®, reaccionan con agua para formar una solución de pH alcalino (pH=12) que contiene iones calcio, silicatos e hidróxidos ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Los iones fosfato de la saliva interactúan con el cemento a base de silicato cálcico lo cual conduce a la formación de depósitos de apatita que pueden aumentar la eficiencia de sellado del material (Butt, Talwar et al 2014) .

El BD® es un material que posee propiedades mecánicas similares a la dentina sana y puede reemplazarla tanto a nivel coronario como a nivel radicular, sin tratamiento previo de la superficie de los tejidos calcificados. Además, es un producto bioactivo que estimula las células de la pulpa para formar dentina reactiva (Malkondu, Karapinar Kazandag et al 2014).

Tiene una resistencia compresiva de 170 MPa a las 24 horas de fraguado, la cual aumenta sustancialmente a 304 MPa luego de 28 días en presencia de humedad, valor similar a la resistencia compresiva reportada en dentina humana ( $297 \pm 24$  MPa) (Butt, Talwar y cols. 2014). Sus ventajas con respecto al MTA es su reducido tiempo de fraguado, fácil manipulación y mejores propiedades mecánicas, y su principal desventaja es su menor radiopacidad (Santos, Moraes y cols. 2005).

En efecto, tiene mejor capacidad de sellado, resistencias compresivas más altas, mejor biocompatibilidad, bioactividad y biomineralización, mejores propiedades antibacterianas y menor efecto citotóxico que el MTA (Koubi, Colon y cols. 2013) (Laurent, Camps y cols. 2012) (Shayegan, Jurysta y cols. 2012). Además, se ha visto que la contaminación con sangre en el caso de las reparaciones apicales no afecta su fuerza de adhesión a la dentina (Malkondu, Karapinar y cols. 2014).

Según los resultados obtenidos en estudio realizado por Butt y cols. el BD® y el MTA proporcionan un sellado apical válido y estable por un período de 12 semanas durante el cual fueron estudiados. Además no mostraron evidencia de deterioro en la capacidad de restringir el movimiento del fluido a lo largo de las paredes de la preparación del canal (Butt, Talwar et al 2014).

Cuando estos materiales en base a silicato (MTA o BD®) son utilizados como tope apical en dientes con ápice abierto o como material de sellado de perforaciones, quedarán en contacto con el cemento sellador más gutapercha que rellenará el resto del canal tratado. El empleo de un cemento sellador es esencial para asegurar el éxito del tratamiento del SCR, porque contribuye al logro del sellado apical, rellena las irregularidades del canal y las discrepancias entre la pared del canal radicular y el material de relleno sólido (Lee, Williams y cols. 2002). En este caso, el cemento sellador contribuiría a obliterar el espacio entre la gutapercha y el MTA y/o BD®, para lo cual se

requiere que ese cemento logre una buena adhesión al silicato y evite vías de filtración.

### **Adhesión**

En odontología, es fundamental que exista una unión fuerte y duradera entre el material restaurador y la estructura dentaria. Así, se evita la microfiltración marginal y se facilita la retención de los materiales restauradores en boca (Beñaldo 2005).

La adhesión es la tendencia de los átomos o moléculas a unirse entre sí. En estricto rigor, el término cohesión se refiere a la unión entre materiales que son similares y el término adhesión a la unión entre átomos o moléculas que son disímiles. (Marshall, Bayne et al. 2010).

La adhesión puede clasificarse según el tipo de proceso de unión, ya sea físico (a través de una trabazón ya sea micro o macromecánica) y/o químico (mediante fuerzas o enlaces químicos). La adhesión física generalmente es más débil si la comparamos con la química (Marshall, Bayne et al. 2010).

### **Resistencia adhesiva**

Resistencia adhesiva es la fuerza necesaria para romper una película de recubrimiento que se encuentra adherida a un sustrato. Al romperse la película, se generan distintos tipos de falla adhesiva que es la forma en que se separan los dos sustratos adheridos. Siguiendo la nomenclatura de Larsson y cols., se han distinguido para este estudio tres tipos de falla por observación con microscopía óptica de bajo aumento (Larsson M, Olsson My cols. 2000):

- a. **Falla Adhesiva:** falla entre el sustrato (Pro-Root MTA® o BD®) y el material de recubrimiento (Topseal®).
- b. **Falla Cohesiva:** falla dentro del material de recubrimiento (Topseal®).
- c. **Falla Mixta:** falla en ambos materiales.

En endodoncia, tanto la resistencia adhesiva como la falla adhesiva toman importancia ya que los materiales utilizados deben permanecer adheridos con la dentina radicular y con otros materiales para mantener la integridad del sellado de la obturación del SCR.

Si bien, se ha estudiado la resistencia adhesiva del MTA y BD® a la dentina, mostrando una alta fuerza de unión ( $7,54 \pm 1.11$  y  $7,64 \pm 1.08$  MPa para el MTA y el BD®, respectivamente (El-Ma'aitaa, Qualtrougha y cols. 2013)) así como también a diferentes sistemas adhesivos, con resultados clínicos óptimos (Odabas, Bani y cols. 2013) (Cantekin y Avci 2014) (Loxely, Liewehr y cols. 2003), no se han reportado investigaciones acerca de la resistencia adhesiva del Pro-Root MTA® y BD® a los cementos selladores endodónticos.

Por ello, este proyecto propone ser un estudio pionero en relación a la características de la adhesión entre el cemento sellador endodóntico más usado actualmente (Topseal®) y dos cementos en base a silicatos cálcicos usados como tope apical en dientes con ápice abierto y sellado de perforaciones (Pro-Root MTA® y BD®).

Teniendo en cuenta que se debe lograr un sellado lo más hermético posible, se hace necesario saber a cuál de estos dos materiales se une mejor el cemento sellador, lo que podría ayudar a evitar posibles microfiltraciones que pueden tener como consecuencia el fracaso del tratamiento endodóntico.

Mediante este proyecto de tesis se pretende, por tanto, evaluar y comparar la resistencia adhesiva del cemento sellador endodóntico Topseal® al BD® y al Pro-Root MTA®.



## **HIPÓTESIS Y OBJETIVOS:**

### **HIPÓTESIS**

La resistencia adhesiva del Topseal® al Biodentine® es mayor que la del Topseal® al Agregado Trióxido Mineral (Pro-Root MTA®).

### **OBJETIVO GENERAL**

Comparar *in vitro* la resistencia adhesiva del Topseal® al BD® con la del Topseal® al Pro-Root MTA®.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar la resistencia adhesiva de la película de Topseal® unida al Pro-Root MTA® y al BD®, *in vitro*.
2. Comparar los valores de resistencia adhesiva a la que el Topseal® muestra su primera falla cuando está unido a Pro-Root MTA® y a BD®.
3. Determinar el modo de fractura o tipo de falla adhesiva de la película de Topseal® sobre ambos sustratos.

## ❖ MATERIALES Y MÉTODOS

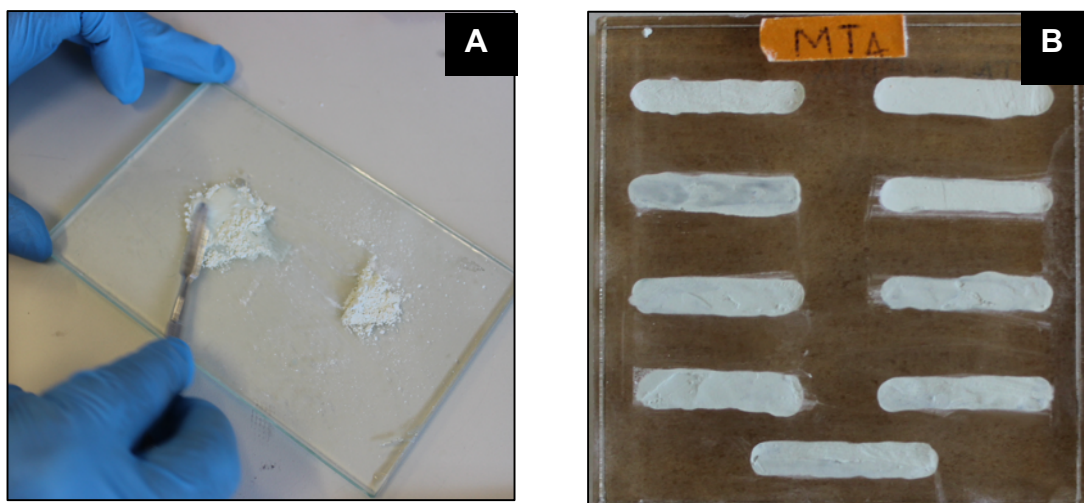
La preparación y el análisis de las muestras se realizó en el Laboratorio de Propiedades Mecánicas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile a una temperatura constante de 24°C.

Se determinó el tamaño muestral según publicaciones previas que estudian resistencia adhesiva del Topseal® a la superficie dentinaria, en los cuales usan mínimo 10 mediciones (n=10) (Lee, Williams et al. 2002, Barbizam, Trope et al. 2011, Alsubait, Hashem et al. 2014, Nagas, Cehreli et al. 2014, Tuncel, Nagas et al. 2015). El experimento fue realizado siguiendo las indicaciones establecidas por el fabricante para la preparación de los cementos.

### **1. Preparación de probetas de ensayo**

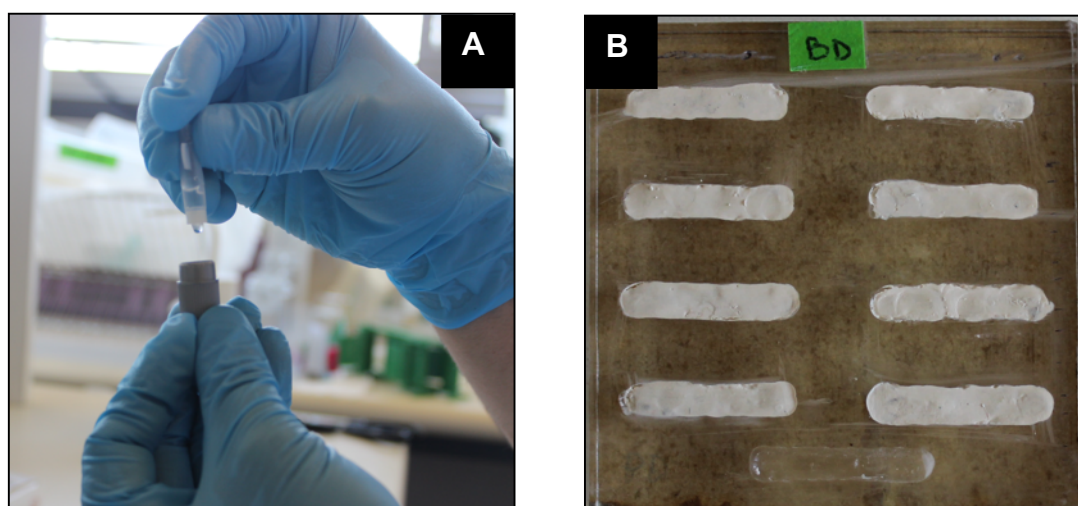
Se utilizaron 2 bloques cuadrados de acrílico de 60 mm de lado por 10 mm de grosor, donde se tallaron en cada uno, 10 surcos de 20 mm de largo, 4 mm de ancho y 2 mm de profundidad (n=20 surcos). Se dividieron en dos grupos:

**Grupo 1 “MTA-Topseal®” (n=10):** Los surcos fueron rellenados con MTA (ProRoot MTA, Dentsply Tulsa Dental, Tulsa,OK, USA) que se preparó mezclando el polvo con el líquido en una proporción de 3:1, sobre una loseta estéril durante un minuto, asegurando que todas las partículas de polvo quedaran hidratadas. Al terminar de colocarlo en los surcos, se dejó un pequeño trozo de algodón húmedo sobre éstos y se almacenó a una temperatura de 37°C hasta completar su fraguado durante 4 horas (**Imagen 1**).



**Imagen 1.** Fotografía de preparación de probetas. A) Preparación MTA. B) Disposición del material en surcos.

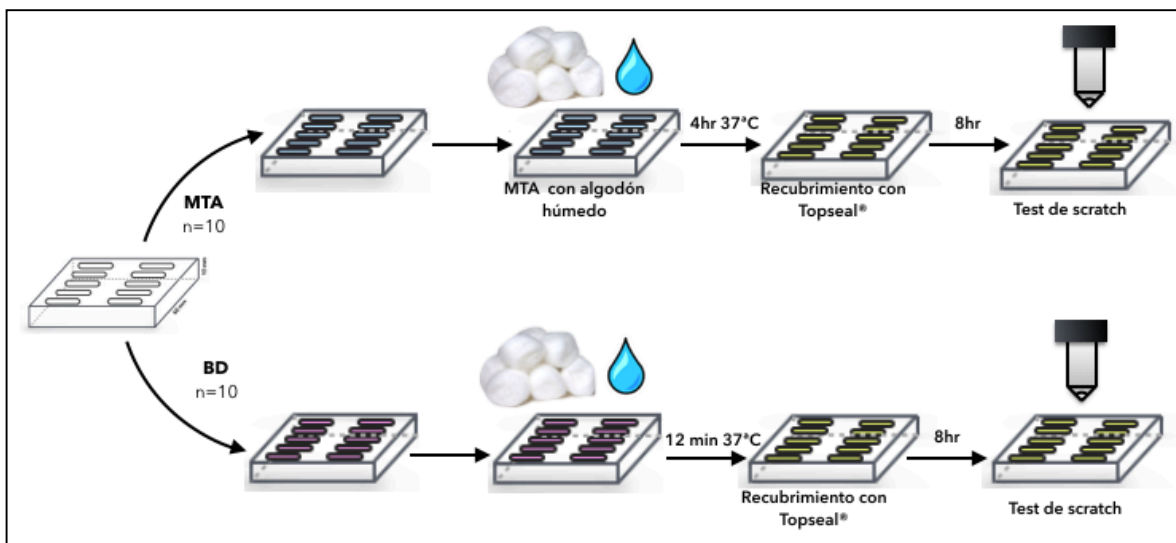
**Grupo 2 “BD-Topseal®” (n=10):** Los surcos fueron rellenados con Biodentine® (Septodont, Saint Maur des Fosses, Francia). Este se preparó colocando 5 gotas del líquido dentro de la cápsula que contenía el polvo. Luego, se llevó la cápsula a un amalgamador de 4000 oscilaciones por minuto durante 30 segundos. Los bloques fueron almacenados a 37°C bajo condiciones húmedas durante 12 minutos (**Imagen 2**).



**Imagen 2.** Fotografía de preparación de probetas. A) Preparación BD. B) Disposición del material en surcos.

Una vez fraguados los materiales en los surcos, fueron cubiertos por una película de cemento sellador endodóntico Topseal® que se preparó mezclando la base con el catalizador en una proporción 1:1. Luego se almacenaron los bloques bajo condiciones de humedad a una temperatura de

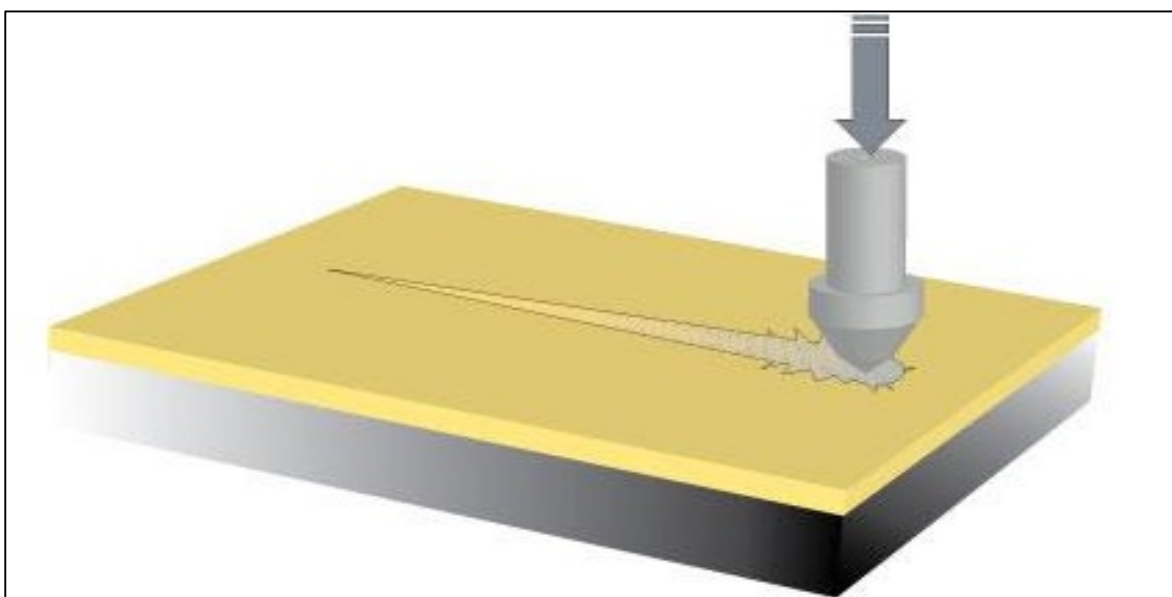
37°C durante 8 horas hasta finalizar su fraguado. La preparación de las muestras está esquematizada en la **Figura 2**.



**Figura 2.** Esquema de la preparación de las probetas hasta el test de scratch

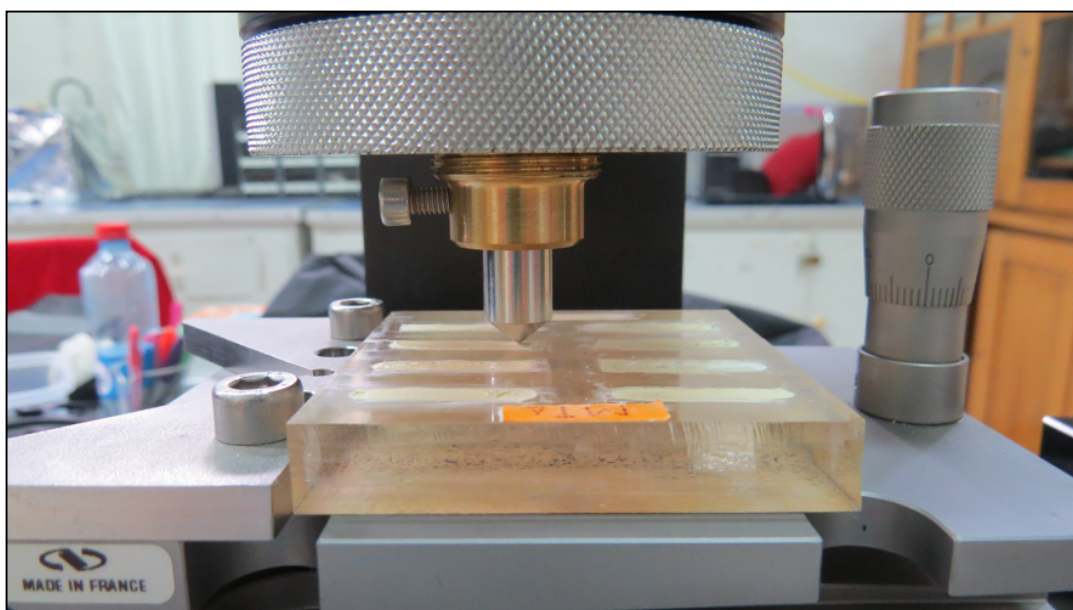
## 2. Test de rayado o Scratch

Se usó la máquina Teer Coatings, (TEER ST30, Inglaterra) para realizar el test de scratch (**Figura 3**). El test aplicó una fuerza de corte sobre las películas de Topseal®, cuya resistencia adhesiva se quería conocer, adherida al sustrato respectivo según grupo de estudio, ya sea Pro-Root MTA® o BD®.



**Figura 3.** Esquema muestra movimiento del indentador de la máquina Teer Coating. Este aplica fuerza en sentido vertical mientras el se desliza sobre la muestra en dirección

La resistencia adhesiva es la variable de desenlace primaria y su medida es en Newton. La fuerza se aplicó de forma puntual e incremental (a una velocidad igual para todas las muestras de 10N x mm) a través de un indentador, el que es capaz de inducir un rayado con una fuerza conocida, permitiendo evaluar cuál es la magnitud de fuerza necesaria para romper la película sobre diferentes sustratos y, cuál es el tipo de modo de fractura o falla adhesiva que se produce. La técnica se aplicó por medio de una máquina automatizada, lo cual permite que sea un ensayo reproducible y bajo condiciones controladas (**Imagen 3**).



**Imagen 3.** Indentador de máquina Teer Coatings, aplicando la fuerza sobre muestra de grupo MTA- Topseal®

Mediante este test se pudo medir, de manera cuantitativa, la carga o fuerza a la cual se rompió la película de Topseal® (resistencia adhesiva) unida a los diferentes sustratos (Pro-Root MTA® y BD®), para luego comparar los valores, expresados en Newton por milímetro (N/mm). Estos valores representan un valor indirecto de presión, ya que al usar el test de scratch, la fuerza no puede ser transformada a una medida de presión de manera absoluta, porque ésta se aplica a través de un movimiento combinado vertical y horizontal. Por esta razón, las medidas no fueron transformadas a megapascales (Unidad de Medida Internacional).

La resistencia adhesiva y el modo de fractura o falla adhesiva del Topseal®, fueron por tanto, variables dependientes, y el Pro-Root MTA® con

el BD® fueron las variables independientes. Asimismo, se pudo determinar cualitativamente el tipo falla adhesiva o de modo de fractura (adhesiva, cohesiva o mixta)

### **3. Análisis de las muestras**

#### **a) Análisis del tipo de falla adhesiva con microscopía óptica, electrónica de barrido y análisis elemental.**

La observación del modo de fractura fue realizada primero con microscopía óptica (XDS-3 MET, Optika Microscopes, Italy) con 5x de magnificación. Posteriormente las muestras fueron metalizadas con Sputter Coater SCG 050 y visualizadas en microscopio electrónico de barrido (Jeol JSM IT300LV), equipado con espectroscopía de dispersión de Rayos x (EDX) (PentaFET Precision, Oxford Instruments con software Aztec®), para el análisis elemental de las muestras. Se obtuvieron imágenes representativas de hasta 500x.

#### **b) Análisis estadístico de los resultados.**

El análisis estadístico comprendió las siguientes pruebas, con la ayuda del software IBM® SPSS® Statistics 20:

1. Análisis de la distribución de los datos (medidas de las resistencias adhesivas encontradas) mediante la prueba de “Shapiro-Wilk”
2. Aplicación de la Prueba T para muestras independientes para comparar la resistencia adhesiva entre el Topseal® y Pro-Root MTA®, y el Topseal® y Biodentine®.
3. Aplicación de Prueba Chi-cuadrado para comparar modo de fractura o falla adhesiva.

Se consideró que los datos eran estadísticamente significativos cuando  $p < 0,05$ . Los resultados se presentan en fotos, tablas y gráficos.

## ❖ RESULTADOS

Los resultados obtenidos se ilustran en la **Tabla 2**. Se pueden observar valores en N que representan la fuerza en la que el cemento Topseal® mostró su primera falla adherido al sustrato correspondiente.

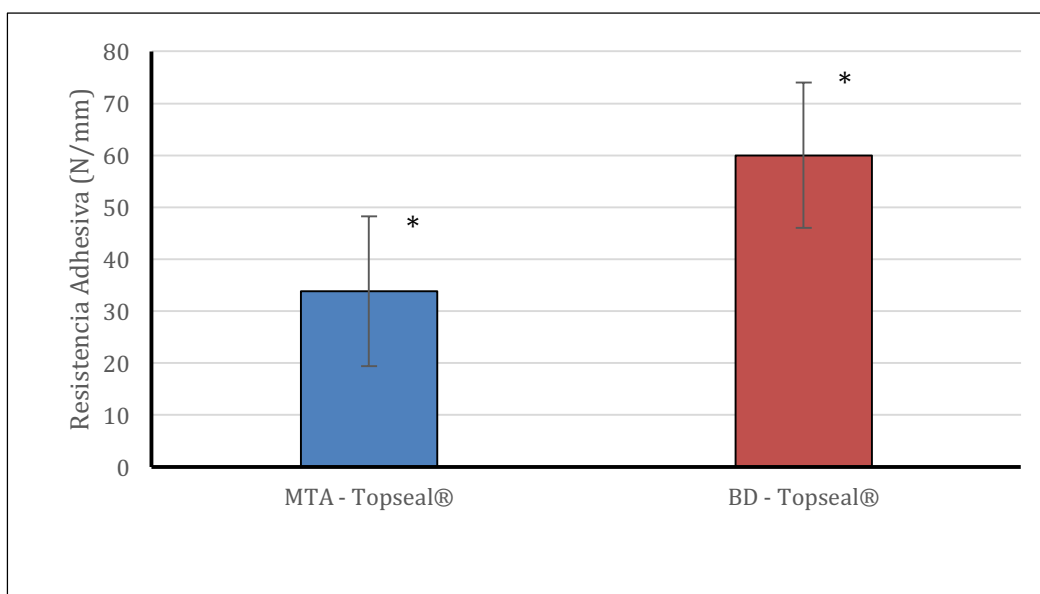
**Tabla 2. Valores de resistencia adhesiva en la cual se observaron los primeros signos de falla expresados en Newton.**

No. Muestra	Resistencia adhesiva (N/mm.)	
	MTA-Topseal®	BD-Topseal®
1	32,3	75,5
2	52,6	55,5
3	17,3	35,5
4	17,6	75,5
5	42,2	75,5
6	47,1	40,5
7	17,3	60,5
8	51,9	60,5
9	22,8	55,5
10	37,3	65,5

En cuanto a resistencia adhesiva, el Topseal® presentó mayores valores cuando estaba unido al BD® que al Pro-Root MTA® (60 N v/s. 33,84 N) (**Tabla 3**), siendo esta una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) (**Figura 4**).

**Tabla 3. Media de las resistencias adhesivas obtenidas en cada grupo y su respectiva desviación estándar.**

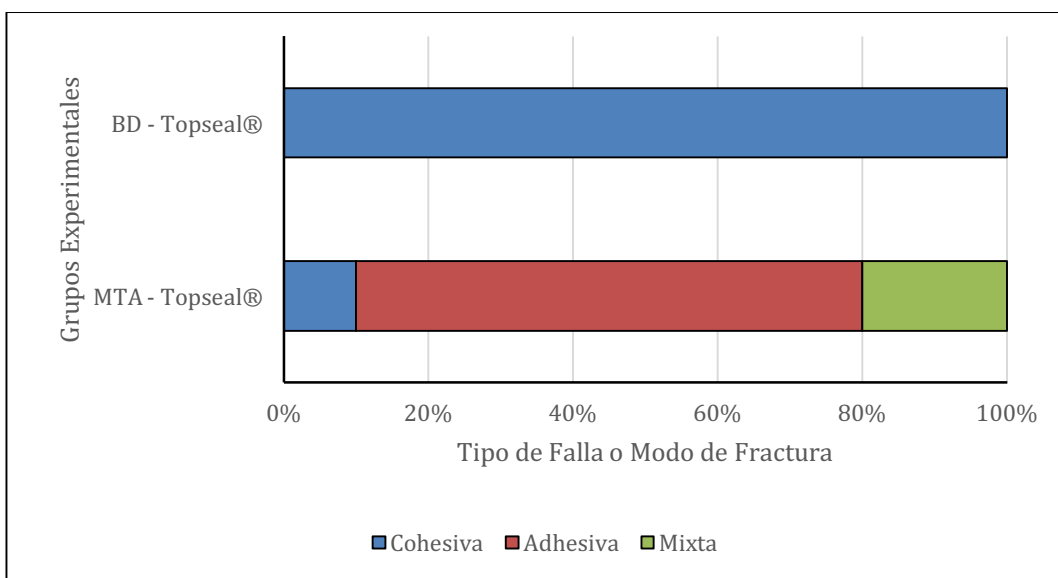
Grupo Experimental	MTA-Topseal®	Media	33,84 N/mm
		Desviación Estándar	14,418
	BD-Topseal®	Media	60 N/mm
		Desviación estándar	14,03



**Figura 4.** Valores de resistencia adhesiva (promedio  $\pm$  desviación estándar) de los grupos MTA-Topseal® y BD-Topseal® graficados. (\*) indica que muestras difieren de manera estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

### Análisis del tipo de falla adhesiva

Para el grupo MTA-Topseal® se encontró que el material de recubrimiento tenía una falla de tipo adhesiva, mientras que el BD-Topseal® mostró siempre una falla de tipo cohesiva como se muestra en la **Figura 5**.

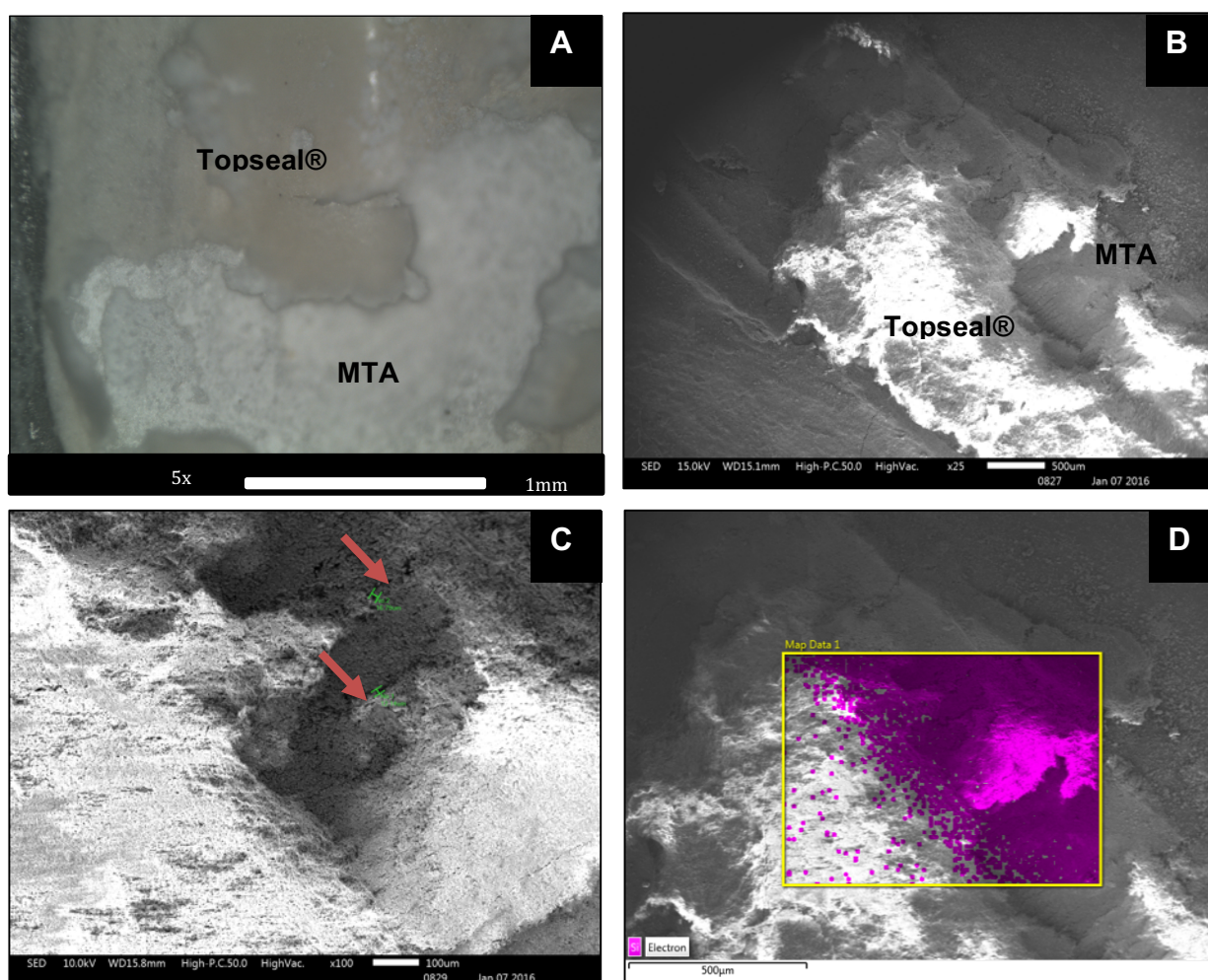


**Figura 5.** Tipos de falla observados en cada grupo de estudio, graficados en porcentajes.

Se observaron los tipos de falla del grupo MTA-Topseal® con microscopía óptica y microscopio electrónico de barrido (**Figura 6**). En esta

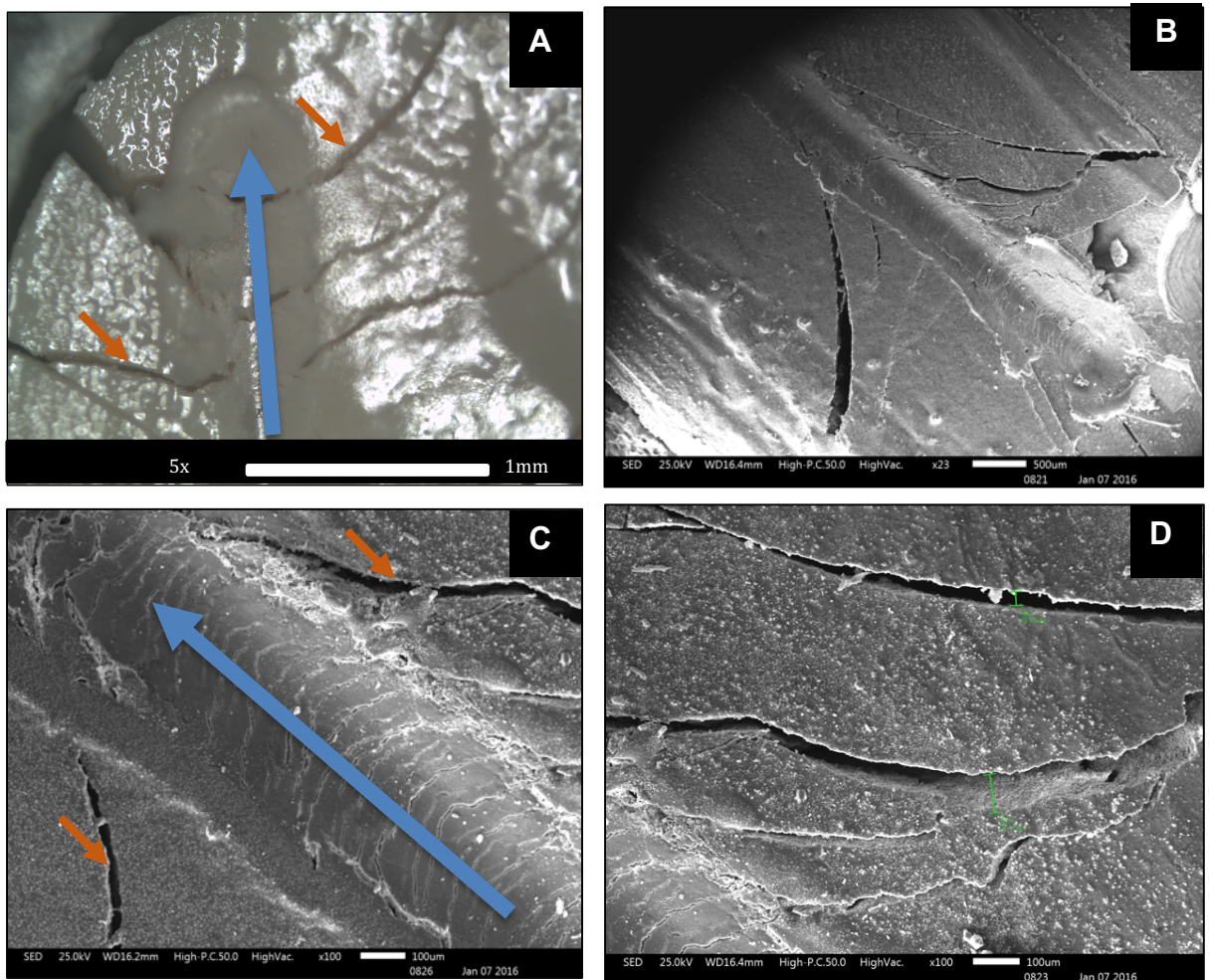


se puede observar que se generaron fallas de tipo adhesiva, ya que, hubo zonas cercanas al rasgo de fractura donde se produjo un desprendimiento total de la película de revestimiento (Topseal®) y aparición del material que se encontraba bajo este (Pro-Root MTA®) (**figura 6A y 6B**). Las flechas rojas en la **figura 6C** indican pequeños rasgos de fractura que se pudieron identificar en el ProRoot MTA de entre 12,14 y 16,79  $\mu\text{m}$ . Se pudo identificar la presencia de sílice en mayor concentración en una zona de la muestra (color violeta), confirmando la aparición del Pro-Root MTA® mediante el análisis elemental EDX (**figura 6D**).



**Figura 6.** Imágenes representativas del tipo de falla de las muestras de MTA-Topseal® obtenidas de análisis con Microscopía óptica (A) Microscopio electrónico de barrido a 25x (B) y 100x (C), y a 25x con análisis elemental EDX de la distribución de Sílice en la muestra (D)

Luego se hizo el análisis del tipo de falla para el grupo BD-Topseal® con microscopía óptica y microscopio electrónico de barrido como se muestra en la **Figura 7**. En la **figura 7A y 7C** se puede observar la aparición de fracturas laterales (flechas naranjas) que nacen del borde del surco de rayado (flechas azules) y que no hubo desprendimiento del Topseal® (Falla cohesiva), ya que solo falló el material de revestimiento. Además se pudo medir el grosor de algunas fracturas identificándose que las más grandes medían entre 29,63 y 83,17  $\mu\text{m}$  (**figura 7D**).



**Figura 7.** Imágenes representativas del tipo de falla de las muestras de BD-Topseal® obtenidas de análisis con Microscopía óptica (A) y Microscopio electrónico de barrido a 23x (B) y 100x (C)(D) del modo de fractura en la muestra BD-Topseal®.

## ❖ DISCUSIÓN

Un correcto sellado tridimensional del SCR es un componente clave para que la terapia endodóntica pueda considerarse exitosa. Por ello, se desea que exista una fuerte adhesión de los distintos materiales a utilizar en la terapia endodóntica, evitando la filtración bacteriana, y resistiendo a las fuerzas que favorecen el desalojo, como podría ser la fuerza masticatoria (Ertas H, Kucukyilmaz Ey cols. 2014). Resulta fundamental, por tanto, una correcta adhesión entre el Topseal® como cemento sellador y el Pro-Root MTA® o BD® como materiales de relleno apical en dientes con ápice abierto o como selladores de perforaciones. Existen varios métodos para evaluar la resistencia adhesiva, en el presente estudio se utilizó el test de rayado para probar la resistencia adhesiva entre estos materiales (Topseal® al Pro-Root MTA® y Topseal® al BD®).

Según el análisis de los resultados obtenidos en este estudio, se pudo determinar que existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos estudiados, es decir, la resistencia adhesiva del Topseal® al BD® es mayor que la del Topseal® al Pro-Root MTA®, aprobándose así la hipótesis anteriormente propuesta.

Como los valores obtenidos representan un valor indirecto de presión, para ambos grupos de estudio resulta difícil determinar si éstos equivalen a niveles de resistencia adhesiva alta o baja de manera absoluta, ya que, hasta la fecha que no hay estudios previos que ocupen el test de scratch como método para medir la resistencia adhesiva de otros materiales dentales. Sin embargo, podemos afirmar que la película de Topseal® sobre el BD® requiere casi el doble de fuerza que sobre el Pro-Root MTA® para mostrar el primer signo de falla adhesiva. La resistencia adhesiva es un indicador del proceso de fraguado y de la fuerza de un material, por lo que estos resultados reflejan una coherencia con los resultados obtenidos en estudios previos donde se demuestra que el BD® tiene mejores propiedades mecánicas que el Pro-Root MTA® (Butt, Talwar y cols. 2014).

Las diferencias entre los valores de resistencia adhesiva de ambos grupos de estudio podrían explicarse por las variaciones en cuanto a composición de los materiales utilizados como sustrato. El polvo de Pro-Root

MTA® está compuesto por silicato tricálcico y óxido de bismuto y se prepara mezclándolo con agua destilada (Camilleri, Montesin y cols. 2005). En tanto, el BD® se compone de silicato tricálcico, carbonato de calcio y dióxido de zirconio en el polvo, que se mezclan con el líquido que contiene cloruro de calcio, que acelera el tiempo de fraguado, y excipientes. (Malkondu, Karapinar Kazandag y cols 2014)(Aggarwal, Miglani y cols. 2013). Según los resultados obtenidos, se sugiere que la diferencia del tipo de falla adhesiva entre ambos grupos de estudio se debería a que la resina de base del cemento Topseal® podría ser capaz de reaccionar ya sea con el carbonato de calcio o el dióxido de zirconio que componen el polvo del BD®, y que de esta manera se generarían enlaces entre ambos materiales permitiéndose así que se produzca una falla de tipo cohesiva, sin que haya desprendimiento del material, en este caso el Topseal® (Lee, Williams y cols. 2002).

El BD® es un silicato cálcico que tiene un sistema polímero hidrosoluble a base de policarboxilato que cumple la función de "agente reductor de agua" para reducir el contenido total de agua de la mezcla, además de cloruro de calcio que permite acelerar el fraguado del material. El efecto combinado de estos dos compuestos reduce el tiempo de endurecimiento y aumenta la resistencia adhesiva (Aggarwal, Miglani y cols. 2013). Esto podría explicar el mejor comportamiento mecánico del BD® frente a la prueba de rasgado.

El que exista una mayor resistencia adhesiva del Topseal® cuando es usado en combinación con el BD® nos indica que el cemento sellador tendrá un mejor comportamiento mecánico y por tanto, tendrá mejores propiedades de sellado que cuando es utilizado en conjunto con el Pro-Root MTA®. Lo anterior podría determinar diferencias en cuanto a al pronóstico del tratamiento endodóntico, si consideramos que uno de nuestros objetivos es generar un sellado apical ideal que evite la entrada de irritantes residuales así como la de microorganismos y sus productos hacia el interior del diente tratado (Caviedes y cols. 2010).

Una de las limitaciones que presenta el método experimental de este estudio es que no se estandarizó de manera rigurosa el grosor del material de recubrimiento (Topseal). Si bien el grosor del Topseal® varió entre los 0,3 y 0,5 mm, esto puede haber afectado de manera favorable o desfavorable la resistencia adhesiva del material y por tanto el tipo de falla.

Para futuras investigaciones se sugiere hacer un seguimiento de la resistencia adhesiva y el tipo de falla que se produce en el grupo MTA-Topseal® desde las 24 hrs de su preparación y hasta 28 días después de fraguado, ya que estudios previos han mostrado que su resistencia compresiva aumenta hasta casi el doble luego de un mes posterior a su preparación (Butt, Talwar y cols. 2014), para así comparar los resultados con los valores obtenidos en el grupo BD-Topseal®.

Mediante este estudio se pudo determinar que el cemento Topseal® tiene mejor adherencia al silicato cálcico BD® que al Pro-Root MTA®. Esto tiene relevancia clínica ya que podría eventualmente influir en el pronóstico de la terapia endodóntica.

## ❖ CONCLUSIONES

- En el presente estudio se estableció que la resistencia adhesiva del Topseal® al BD® es mayor que la de Topseal® al Pro-Root MTA®. Esto indicaría que hay una mejor unión del Topseal® al BD®.
- Llevado a la clínica esto toma importancia ya que elegir los materiales adecuados podría aumentar la tasa de éxito de los tratamientos endodónticos en el tiempo .

## ❖ REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Advanced Scratch Testing for Evaluation of Coatings. Suresh Kuiry, PhD. Bruker Nano Surfaces Division Tribology and Mechanical Testing, 1717 Dell Ave, Campbell, CA 95008, U.S.A.
2. Aggarwal V, Miglani S, Kohli S, Singla M (2013). Comparative evaluation of push-out bond strength of ProRoot MTA, Biodentine, and MTA Plus in furcation perforation repair. *Journal of Conservative Dentistry*. 16:462.
3. Aranguren J (2009). Materiales para la obturación a retro: de la amalgama al agregado de mineral trióxido (MTA). *Gaceta Dental*. Disponible en: <http://www.gacetadental.com/2009/03/materiales-para-la-obturacin-a-retro-de-la-amalgama-al-agregado-de-mineral-trioxido-mta-31355/>
4. Beñaldo C (2005). “Estudio comparativo in vitro de la microfiltración de restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo convencional y otras realizadas con un sistema adhesivo con nanorelleno.” Trabajo de investigación para optar el título de Cirujano Dentista. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. 2005.
5. Butt N, Talwar S, Chaudhry S, Nawal RR, Yadav S, Bali A (2014). Comparison of physical and mechanical properties of mineral trioxide aggregate and Biodentine. *Indian Journal of Dental Research*. 25:692-7.
6. Camilleri J, Montesin F, Brady K, Sweeney R, Curtis R, Ford T (2005). The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dental Materials*. 21:297-303.
7. Cantekin, K. and S. Avci (2014). Evaluation of shear bond strength of two resin-based composites and glass ionomer cement to pure tricalcium silicate-based cement (Biodentine(R)). *Journal of applied oral science*. 22:302-306.
8. Caviedes J, Guzmán B, Pereira V (2010). Retratamiento Endodóntico no Quirúrgico: Criterios reales que definen la necesidad de su aplicación. *Canal Abierto*. 0718-2368.
9. Coomaraswamy KS, Lumley PJ, Hofmann MP (2007). Effect of bismuth oxide radioopacifier content on the material properties of an endodontic Portland cement-based (MTA-like) system. *Journal of endodontics*. 33:295-8.
10. Correa D, Almirall A, Garcia R, Santos L, de Aza A, Delgado J (2011). V Latin American Congress on Biomedical Engineering CLAIB. Habana, Cuba. IFMBE Proceedings.

11. Echeverría MD, Rodríguez F, Míngolo N, Forlerer E, Moncada OJ (2007). Recubrimientos PVD de TiN y CrN sobre ADI de bajo y alto conteo nodular. Estudio Preliminar.
12. El-Ma'aitaa A, Qualtrougha A, Watts D (2013). The effect of smear layer on the push-out bond strength of root canal calcium silicate cements. *Dental Materials*. 29:797-803.
13. Ertas H, Kucukyilmaz E, Ok E, Uysal B (2014). Push-out bond strength of different mineral trioxide aggregates. *European Journal of Dentistry*. 8:348.
14. Gündüz K, Avsever H, Orhan K, Demirkaya K (2011). Cross-sectional evaluation of the periapical status as related to quality of root canal fillings and coronal restorations in a rural adult male population of Turkey. *BMC Oral Health*. 11:20.
15. Jarrett IS, Marx D, Covey D, Karmazin M, Lavin M, Gound T (2004). Percentage of canals filled in apical cross sections - an in vitro study of seven obturation techniques. *International endodontic journal*. 37:392-8.
16. Kogan P, He J, Glickman GN, Watanabe I (2006). The effects of various additives on setting properties of MTA. *Journal of endodontics*. 32:569-7.
17. Koubi G, Colon P, Franquin JC, Hartmann A, Richard G, Faure MO, et al (2013). Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute, Biodentine, in the restoration of posterior teeth - a prospective study. *Clinical Oral Investigation*. 17:243-9.
18. Larsson M, Olsson M, Hedenqvist P, Hogmark S (2000). Mechanisms of coating failure as demonstrated by scratch and indentation testing of TiN coated HSS. *Surface Engineering*. 16:436-444.
19. Laurent P, Camps J, About I (2012). Biodentine(TM) induces TGF-beta1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization.. *International endodontic journal*. 45:439-48.
20. Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH (2002). Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *Journal of endodontics*. 28:684-8.
21. Loxley EC, Liewehr FR, Buxton TB, McPherson JC, 3rd (2003). The effect of various intracanal oxidizing agents on the push-out strength of various perforation repair materials. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. 95:490-494.



22. Lucena-Martin C, Ferrer-Luque CM, Gonzalez-Rodriguez MP, Robles-Gijon V, Navajas-Rodriguez de Mondelo JM (2002). A comparative study of apical leakage of Endomethasone, Top Seal, and Roeko Seal sealer cements. *Journal of endodontics*. 28:423-6.
23. Malkondu O, Karapinar KazandaL M, Kazazoglu E (2014). A Review on Biodentine, a Contemporary Dentine Replacement and Repair Material. *BioMed Research International*. 2014:1-10
24. Marshall, S.J., et al. (2010). A review of adhesion science. *Dental Material* 26: e11-16.
25. Nagas E, Cehreli ZC, Uyanik MO, Durmaz V, Vallittu PK, Lassila LV (2014). Bond strength of mineral trioxide aggregate to root dentin after exposure to different irrigation solutions. *Dental Traumatology journal*. 30:246-9.
26. Odabas ME, Bani M, Tirali RE (2013). Shear bond strengths of different adhesive systems to biodentine. *ScientificWorldJournal*. 2013:626103.
27. Parirokh M, Torabinejad M (2010). Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part I: Chemical, Physical, and Antibacterial Properties. *Journal of Endodontics*. 36:16–27 (a).
28. Parirokh M, Torabinejad. M (2010). Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *Journal of endodontics*. *Journal of endodontics*. 36:400-13 (b).
29. Saha S, Samadi F, Jaiswal J, Ghoshal U (2010). Antimicrobial activity of different endodontic sealers: An in vitro evaluation. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 28:251.
30. Santos AD, Moraes JC, Araujo EB, Yukimitu K, Valerio Filho WV (2005). Physico-chemical properties of MTA and a novel experimental cement. *International endodontic journal*. 38:443-7.
31. Shayegan A, Jurysta C, Atash R, Petein M, Abbeele AV (2012). Biodentine used as a pulp-capping agent in primary pig teeth. *Journal of Pediatric Dentistry*. 34:e202-8.
32. Siqueira JF, Jr. Rocas IN (2008). Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *Journal of endodontics*. 34:1291-301 e1293.

33. Soundappan, S., J. L. Sundaramurthy, S. Raghu and V. Natanasabapathy (2014). Biodentine versus Mineral Trioxide Aggregate versus Intermediate Restorative Material for Retrograde Root End Filling: An Invitro Study. *Journal of Dentistry (Tehran)*. 11:143-149.
34. ST30 Low Cost Scratch Tester Specification and User Guide. (2013).
35. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR (1995). Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *Journal of endodontics*. 21:349-53.
36. Torabinejad M, Parirokh M (2010). Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part II: Leakage and Biocompatibility Investigations. *Journal of Endodontics*. 36:190–202.
37. Watson T, Atmeh A, Sajini S, Cook R, Festy F (2014). Present and future of glass-ionomers and calcium-silicate cements as bioactive materials in dentistry: Biophotonics-based interfacial analyses in health and disease. *Dental Materials*. 30:50-61.
38. Yañez A (2015). Cementos de Obturación Biocerámicos: Una nueva alternativa en Endodoncia. *Canal Abierto*. 30;(0718-2368).