

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA CONSERVADORA  
Y PRÓTESIS BUCOFACIAL**



**TESIS DOCTORAL**

**Influencia del tipo de acondicionamiento de la  
dentina en el cementado de postes de fibra:  
estudio mecánico, morfológico y de microfiltración**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTORA

PRESENTADA POR

**Marta Reoyo Rodríguez**

DIRECTORES

Álvaro Enrique García Barbero

Vicente Vera González

**Madrid, 2019**

## AGRADECIMIENTOS

Lo primero, agradecer todo el esfuerzo a mis directores. A Enrique, por aceptar dirigirme el trabajo y acompañarme en el camino desde el principio. Sin tu tiempo y dedicación no hubiera sido posible. A Vicente, gracias sobre todo por tu preocupación y el ánimo para que siguiera siempre adelante.

Gracias al Departamento de Odontología Conservadora, por permitirme utilizar sus instalaciones para la realización de la investigación. Al personal auxiliar, en especial a Mari Carmen por buscar siempre una solución para lo que le pedía.

A los técnicos del Centro Nacional de Microscopía Electrónica ICTS de la Universidad Complutense de Madrid, en especial a Juan Luis Baldonado y Ana Vicente, por su ayuda en el análisis de las muestras y su paciencia para enseñarme las posibilidades del mundo de la microscopía electrónica.

A la casa comercial VOCO por suministrarnos los materiales desinteresadamente.

A Carmen Bravo gracias por asesorarme con la estadística.

A Natalia por ser la mejor mentora, sin tu ayuda estaría todavía atascada en la experimentación.

A mis chicas del Máster, Ceci gracias por todo, por los ratos de laboratorio de risas interminables y alguno que otro de desesperación, y por ser mi mano derecha durante todo el trabajo inicial. Elena porque nos has dejado compartir contigo momentos muy importantes de tu vida y aunque hayamos empezado pero no acabemos juntas este camino, seguiré apoyándote en ello como tú has hecho siempre conmigo. Bea por tu alegría, por la ayuda cada vez que la he necesitado, a veces pienso que vas a estar en la primera fila en la lectura, pase lo que pase, porque siempre te preocupas por ello, gracias. Desde el principio fuimos las cuatro y seguimos siéndolo, os habéis convertido en mucho más que mis compañeras, sois mis amigas.

A mi familia, mis padres que se han preocupado, me han apoyado y aconsejado durante todo el recorrido. Jorge, que ha tratado de ayudarme desde el punto de vista

de alguien que ya pasó por esto, muchas gracias a los tres. Al resto de mi familia, por interesarse a menudo por mi trabajo, muchas gracias.

Guille, gracias enorme por ser y estar, por creer en mí cuando yo misma no lo hacía. Siempre me inspiras que sea positiva y me das fuerza para conseguir lo que me proponga.

Gracias a mis amigos, en especial a Elena, por ser la máxima expresión de amiga, siempre estas para transmitir tranquilidad y alegrarme el día, eres una de las personas que mejor ha comprendido cómo estaba durante todo el proceso sin necesidad de estar en este mundillo. Paco gracias, aunque ahora estés un poco lejos sé que te has preocupado por mí a través de ella. Gracias Anita, Palo por darme esos ratos de desconexión que son tan necesarios.

Gracias a mis chicas de la Facultad, que llevan conmigo desde los inicios de la carrera. Alba, Almu, Caste y Sara porque me dais momentos para olvidarme de la presión, me entendéis bien y me hacéis reír siempre con vuestras ocurrencias. Espero que estéis orgullosas de lo que he conseguido como yo lo estoy de vuestros logros.

A mis compañeras de la antigua clínica, que a pesar de todo lo malo se han mantenido ahí. Al final solo queda la gente que te valora y vosotras sois el claro ejemplo, gracias María Luisa, Paloma, Sandra. Y en especial a Ana, por estar cuando más necesitaba que me comprendieran...has sabido leerme perfectamente siempre, y Cris, con su sonrisa y sus ganas de ayudar porque sí, muchas gracias a las dos.

A los compañeros de la clínica, gracias por acogerme tan bien y preocuparse muy a menudo por mi Tesis. Sois estupendos y sin ese punto de humor que sabéis poner cada día hubiera sido muy duro todo esto trabajando al mismo tiempo.

Por último, a ti que estás leyendo esto, porque por algún motivo muestras interés en mi trabajo durante este largo recorrido que espero sepa inspirarte al menos la mitad del esfuerzo que yo he dedicado en estas páginas.

# ÍNDICE

Abreviaturas.....	5
Resumen .....	6
<i>Abstract</i> .....	8
<b>1. Justificación</b> .....	10
<b>2. Introducción</b> .....	14
• <b>2.1</b> Postes de fibra.....	15
• <b>2.2</b> Acondicionamiento del poste.....	17
• <b>2.3</b> Acondicionamiento de la dentina.....	18
• <b>2.4</b> Procedimientos y materiales para el cementado.....	20
• <b>2.5</b> Estudio de las interfases adhesivas.....	23
○ <b>2.5.1</b> Estudios de carga mecánica.....	23
○ <b>2.5.2</b> Envejecimiento.....	25
○ <b>2.5.3</b> Estudios de morfología mediante MEB.....	25
○ <b>2.5.4</b> Estudios de microfiltración mediante MEB.....	25
<b>3. Hipótesis y Objetivos</b> .....	27
• <b>3.1</b> Hipótesis .....	28
• <b>3.2</b> Objetivos .....	28
<b>4. Material y Métodos</b> .....	30
• <b>4.1</b> Procedimiento de selección de los dientes.....	31
○ <b>4.1.1</b> Criterios de inclusión.....	31
○ <b>4.1.2</b> Criterios de exclusión .....	31

• <b>4.2</b> Material utilizado .....	31
○ <b>4.2.1</b> Preparación de los dientes .....	31
○ <b>4.2.2</b> Test de <i>micropush-out</i> .....	32
○ <b>4.2.3</b> Análisis mediante MEB.....	33
• <b>4.3</b> Desarrollo del estudio .....	33
○ <b>4.3.1</b> Preparación de las muestras .....	33
○ <b>4.3.2</b> Test de <i>micropush-out</i> y análisis del modo de fracaso.....	36
○ <b>4.3.3</b> Análisis morfológico y de microfiltración.....	40
• <b>4.4</b> Recogida de datos y análisis estadístico de los resultados .....	44
<b>5. Resultados</b> .....	45
• <b>5.1</b> Resultados del ensayo mecánico de <i>micropush-out</i> .....	46
• <b>5.2</b> Resultados del análisis de fracaso .....	51
• <b>5.3</b> Análisis descriptivo de muestras transversales y longitudinales .....	55
• <b>5.4</b> Resultados del análisis de microfiltración.....	66
<b>6. Discusión</b> .....	70
<b>7. Conclusiones</b> .....	97
<b>8. Bibliografía</b> .....	100
<b>Anexos</b> .....	112

## ABREVIATURAS

- Bis-GMA: Bisfenol A metacrilato de glicidilo
- CHX: Clorhexidina
- CVI: Cemento de vidrio ionómero
- EDTA: Ácido etilendiaminotetraacético
- Factor C: Factor de configuración
- Fig.: Figura
- GPa: Gigapascales
- LAC: Línea amelo-cementaria
- M: Molar
- $\mu$ : Micras
- MDP: Metacriloiloxidecil dihidrógeno fosfato
- MEB: Microscopía electrónica de barrido
- MMPs: Metaloproteinasas de la matriz
- MPa: Megapascales
- N: Newton
- NaOCl: Hipoclorito de sodio
- TEGDMA: Trietilenglicol dimetacrilato

## RESUMEN

**Influencia del tipo de acondicionamiento de la dentina en el cementado de postes de fibra: estudio mecánico, morfológico y de microfiltración.**

**Objetivo:** Estudiar mediante pruebas mecánicas, análisis ultraestructural y pruebas de microfiltración la influencia de las variables tipo de acondicionamiento de la dentina y tipo de cemento de resina en la interfase adhesiva producida tras cementar postes de fibra de vidrio en los conductos radiculares.

**Introducción:** Actualmente, los postes de fibra han ganado popularidad entre los profesionales por sus numerosas ventajas como la biocompatibilidad, la estética, que no sufren corrosión y que su módulo elástico es similar a la dentina. Su unión al conducto radicular se realiza con adhesivos y cementos de resina. Pero el cementado continúa siendo un reto porque la causa principal de fracaso es el descementado del poste. Hay algunas variables que afectan a la eficacia de los sistemas adhesivos utilizados en el cementado de postes de fibra. Por un lado, es interesante la influencia de algunos acondicionamientos de la dentina, como clorhexidina, EDTA o ácido fosfórico. El primero inhibe la actividad de las metaloproteinasas, aumentando la durabilidad de la interfase adhesiva. Los otros dos actúan limpiando el barrillo dentinario del espacio del poste debido a su acidez, mejorando el procedimiento adhesivo. Por otro lado, el segundo factor que afecta la eficacia del cementado es la estrategia adhesiva, que podría ser emplear un cemento convencional junto con un adhesivo autograbante universal, o un cemento autoadhesivo.

**Material y Métodos:** Se seleccionaron 90 dientes unirradiculares humanos. Sobre ellos se cementó un poste de fibra de vidrio tras realizar el tratamiento de endodoncia. Se dividieron en 3 grupos de acuerdo con el acondicionamiento de dentina empleado: (G1) Sin acondicionamiento; (G2) Acondicionamiento con ácido fosfórico; (G3) Acondicionamiento con EDTA; y 2 subgrupos en función del cemento de resina utilizado: (S1) Cemento de resina convencional dual, junto con un adhesivo universal autograbante; (S2) Cemento de resina autoadhesivo dual. De los 90 dientes, 72 se seccionaron en tres rodajas con la hoja de corte de una máquina cortadora, representando los tres niveles radiculares apical, medio y coronal. Se sometieron a un

test de *micropush-out* que se llevó a cabo con un dispositivo especialmente diseñado para este fin conectado a una máquina universal de ensayos. Los datos de resistencia adhesiva se recogían en un *software*. Los modos de fracaso se clasificaron utilizando fotografías de la superficie de las muestras, realizadas mediante una cámara acoplada en un microscopio estereoscópico. Otros 12 dientes se seccionaron en seis rodajas con la máquina de corte, dos cortes en representación de cada tercio radicular. Los 6 dientes restantes se pulieron mediante una pulidora para obtener hemisecciones longitudinales. Posteriormente, las muestras se examinaron con microscopía electrónica de barrido (MEB) para un estudio morfológico y de microfiltración. Para el citado estudio de microfiltración, las muestras se prepararon con la técnica de nitrato de plata de Tay y Pashley y se metalizaron con grafito. Todos los datos obtenidos se analizaron estadísticamente para el ensayo de *micropush-out* mediante un test de Kruskal Wallis, y para los análisis de fracaso y de microfiltración con un test de Chi cuadrado ( $\alpha=0.05$ ).

**Resultados:** Se encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto a la fuerza de adhesión en función del cemento utilizado, principalmente en los tercios apical y medio ( $p<0.05$ ). También se observaron diferencias significativas respecto al sellado de la interfase en función del acondicionamiento de dentina empleado ( $p<0.05$ ). La mayoría de fracasos en todos los grupos fueron los adhesivos entre la dentina y el cemento, pero no se encontraron diferencias significativas entre ellos ( $p>0.05$ ). Si se hallaron diferencias, sin embargo, respecto a los fracasos mixtos y cohesivos en función del nivel radicular.

**Conclusiones:** El cemento autoadhesivo dual mostró mayor resistencia adhesiva que el cemento de resina convencional dual, especialmente cuando no se empleó acondicionamiento de dentina. El grupo sin acondicionamiento de la dentina mostró menor microfiltración que el grupo de acondicionamiento con ácido fosfórico.

## ABSTRACT

**Influence of the type of dentin pretreatment in the cementation of fiber posts: micropush-out bond strength, morphology and microleakage study.**

**Objective:** The aim of the study was to determine the bond strength, morphological characteristics and sealing ability of the interfaces created in fiber post cementation with different dentin surface treatments and different cementation techniques.

**Introduction:** In the present time, fiber posts have gained popularity among clinicians because of some advantages as biocompatibility, aesthetics, no corrosion, and elastic modulus similar to that of dentin. Fiber posts are cemented with dentin adhesives and resin luting cements. But adhesive cementation continues to be a clinical challenge because the main failure cause is debonding of the post. There are some variables that can affect the bonding efficacy of the adhesive systems used in cementing fiber posts. On one hand, is especially interesting the influence on the different pretreatments used for conditioning the dentin, such as chlorhexidine, EDTA or phosphoric acid. The first one is supposed to inhibit the metalloproteinases activity, increasing the durability of the adhesive interface. The two others act cleaning the smear layer of the root space due to their acidity, enhancing the bonding procedure. And on the other hand, the second main factor affecting the efficacy of the adhesive cementation is the luting procedure and the adhesive strategy, using conventional cement with self-etching universal adhesive, or self-adhesive cement.

**Material and Methods:** 90 single-rooted human teeth were selected for luting a fiber post after endodontic treatment. The teeth were divided into 3 groups according to the surface treatment of dentin: (G1) No treatment; (G2) Phosphoric acid; (G3) EDTA; and 2 subgroups based on the resin cement used: (S1) Dual-cure conventional resin cement; (S2) Dual-cure self-adhesive resin cement. 72 roots were sectioned in three slices with a cutter machine and submitted to micropush-out test that was carried out with a specifically designed alignment device connected to a universal testing machine. The data of the bond strength test were collected with a software. The failure modes were classified using photographs of the surface of the samples, taken with a camera coupled on a stereoscopic microscope. Another 12 teeth were sectioned into six slices

with the cutter machine. The remaining 6 teeth were polished with a polisher to eliminate dentin and obtain longitudinal hemisections of the samples. Then, the samples were examined under scanning electron microscope (SEM) for morphological and microleakage study. For this microleakage study, the samples were prepared previously with the silver nitrate technique of Tay and Pashley and metallized with graphite. The data were analyzed for the micropush-out test with a Kruskal Wallis test, and for the failure analysis and the analysis of microleakage a Chi-square test ( $\alpha=0.05$ ).

**Results:** It was found statistically significant differences among the cements respect to the bond strength, mainly in the apical and medium third ( $p<0.05$ ). It was observed statistically significant differences in function of the dentin pretreatments respect to the sealing ability of the interfaces ( $p<0.05$ ). Most failure modes were adhesive failures between dentin and luting agent, but it wasn't found statistically significant differences among the groups ( $p>0.05$ ). However, it was observed differences regarding mixed and cohesive failures between root levels ( $p<0.05$ ).

**Conclusions:** The dual cure self-adhesive cement showed higher bond strength than the dual-cure conventional resin cement, particularly without surface treatment of dentin. The group without surface treatment of dentin showed less microleakage than the phosphoric acid group.

# **1.JUSTIFICACIÓN**

## 1. JUSTIFICACIÓN

Los postes intrarradiculares continúan siendo en la actualidad un elemento fundamental en la restauración del diente endodonciado. Hoy en día, los sistemas de postes directos son la opción preferida, en comparación con los sistemas indirectos de perno-muñón colado debido entre otras razones a que permiten un procedimiento clínico más rápido al poder realizarse en una única sesión, son más conservadores al no necesitar una vía de inserción para el muñón, más económicos al eliminar los costes de laboratorio y permiten realizar una restauración directa, conveniente en muchas ocasiones<sup>1, 2</sup>. Dentro de los sistemas directos, los postes de fibra de vidrio reforzados con resina son los más utilizados en el ámbito clínico para crear retención y, por tanto, hacer más estable la restauración final del diente endodonciado. Son interesantes por las ventajas que presentan respecto a otros sistemas de postes directos, en particular los metálicos, como una mayor estética y biocompatibilidad además de un módulo de elasticidad similar al de la dentina, lo que permite una distribución más homogénea de las fuerzas en el conducto radicular y previene las fisuras y fracturas radiculares<sup>3-7</sup>.

Son numerosos los estudios publicados analizando las características de este sistema restaurador, su comportamiento biomecánico y las variables que lo afectan. Son principalmente estudios *in vitro*, por la complejidad que plantean los ensayos clínicos en este campo<sup>8</sup>. A pesar de todo esto, quedan aún algunos aspectos por aclarar.

Una de las variables más importantes evaluada en dichos estudios es la que se refiere al modo de preparación o acondicionamiento de la dentina que se realiza previamente a la colocación del poste<sup>4</sup>. Este es un hecho fundamental en la adhesión a dentina, en la que aspectos como la existencia o no de barrillo dentinario, o el grado de decalcificación de la superficie de la misma, condicionan de forma trascendental las características y el resultado de dicha adhesión. Aunque las propiedades de los diferentes materiales disponibles para acondicionar la dentina ya se conocen, la comparativa entre ellos en lo referente a su aplicación en el conducto radicular ha arrojado resultados contradictorios en los diferentes estudios<sup>1, 10, 11</sup>.

Otra variable a tener en cuenta es el sistema adhesivo empleado. Una de las novedades que se han introducido recientemente en la odontología adhesiva es una nueva generación de adhesivos denominados “universales” o “multiusos”<sup>11, 12, 13</sup>. Los adhesivos universales surgieron con la expectativa de poder unirse a una gran variedad de materiales de restauración y así, simplificar la técnica y aumentar la aceptación de dichos procedimientos en la práctica dental<sup>14</sup>. Mientras que la mayoría de los estudios publicados hasta el momento con estos adhesivos se refieren a adhesión sobre dentina coronal para obturaciones de resina compuesta, existe un vacío en lo que respecta a estudiar su comportamiento para el cementado de postes, campo en el que hasta el momento se han publicado relativamente pocos estudios<sup>13</sup>.

Un tercera variable interesante es el tipo de cemento empleado. Una tendencia clínica actual consiste en emplear el mismo material de resina para cementar el poste de fibra y realizar el muñón, con el fin lograr una continuidad entre el cementado y la restauración y, a su vez, simplificar la técnica. Este tipo de cementos suele presentar, sin embargo, mayor porcentaje de relleno inorgánico que los cementos de resina específicos, lo que puede dar lugar a diferencias en cuanto a fluidez, humectancia y contracción de polimerización, que pueden a su vez repercutir negativamente sobre la interfase adhesiva con la dentina radicular<sup>15, 16</sup>. Otra posibilidad es emplear un cemento de resina autoadhesivo, que no requiere aplicación previa de adhesivo, lo que representa una opción cómoda y sencilla al requerir de menos pasos clínicos. Todavía no está claro cuál de los dos métodos es preferible.

Finalmente, es sabido que las características histológicas de la dentina radicular son en algunos aspectos diferentes a las de la dentina coronal, y ello hace que el comportamiento desde el punto de vista adhesivo sea también diferente. Además, a medida que avanzamos hacia el ápice, el acceso y el control de la humedad se vuelven más complejos, por lo que la variable nivel radicular debe ser tomada en cuenta a la hora de evaluar la adhesión de postes en conductos radiculares<sup>17, 18</sup>.

Basado en todo lo expuesto anteriormente, consideramos interesante la realización de un estudio sobre las variables antes mencionadas y su incidencia en el comportamiento de los sistemas de postes de fibra cementados.

En cuanto a la metodología a emplear, y dentro de los estudios *in vitro*, destacan los estudios mecánicos, determinando la fuerza de adhesión en las distintas interfaces, morfológicos, describiendo las características de las mismas<sup>18</sup> o mediante pruebas de filtración, para valorar el sellado de las distintas interfaces<sup>19</sup>. Estos dos últimos son generalmente realizados de forma complementaria a los estudios mecánicos y en menor medida de forma individual pese a su importancia<sup>20, 21, 22, 23</sup>.

Después de todo lo expuesto anteriormente, consideramos interesante la realización de un estudio sobre la adhesión de postes de fibra en conductos radiculares, introduciendo como variables: el tipo de acondicionamiento de la dentina, el tipo de estrategia adhesiva y el nivel radicular. Para ello, consideramos la metodología más adecuada la realización de ensayos mecánicos de *micropush-out*, pruebas de microfiltración y examen con MEB, con el fin de determinar la influencia de las variables citadas sobre la fuerza de adhesión, la capacidad de sellado y las características morfológicas de las interfaces adhesivas.

# **2.INTRODUCCIÓN**

## 2. INTRODUCCIÓN

Los dientes endodonciados son más propensos a la fractura que los dientes vitales debido a su pérdida de estructura, como consecuencia principalmente del acceso cameral preparado, de los cambios en la dentina debidos fundamentalmente a la pérdida de humedad, y del deterioro causado por la caries<sup>8,24</sup>.

Cuando el diente ha perdido más del 50% de su estructura normalmente se requieren medios auxiliares para asegurar la retención adecuada y la estabilidad de la restauración final. Se emplean para este propósito los postes<sup>3,21,25</sup>.

A lo largo de los años, se han utilizado numerosas técnicas diferentes en lo referente a los postes. Así, existen postes de retención activa o pasiva, de forma paralela o cónica, fabricados o personalizados, y de numerosos materiales como acero inoxidable, cerámica, circonio, aleación de titanio o fibra<sup>4</sup>.

Los postes metálicos se emplearon de forma habitual durante un largo período de tiempo. Sin embargo, se les atribuyen desventajas como pérdida de retención, corrosión, necesidad de eliminación de elevada estructura radicular, concentración de estrés, principalmente por su módulo de elasticidad que difiere del módulo elástico de la dentina, y fracturas radiculares irreparables como las verticales y oblicuas u horizontales en el tercio medio radicular<sup>2,8,26</sup>.

Para reemplazar a los postes metálicos, surgieron como alternativa los postes de fibra<sup>8</sup>.

### 2.1 Postes de fibra

La historia de los postes no metálicos data de antes de 1990 con la introducción del Composipost®, basado en el principio de fibras de carbono reforzadas. El sistema de poste posee fibras de carbono alineadas y estiradas, unidas sólidamente a una matriz especial de resina epoxi. Las fibras representan el 64% del volumen estructural y la matriz las mantiene unidas. Aunque el sistema se desarrolló en 1990, no fue hasta 1998 cuando se llevó a cabo un estudio a largo plazo para evaluar su comportamiento clínico<sup>8</sup>. Desde entonces, los postes de fibra han ido aumentando en popularidad hasta

nuestros días<sup>8, 27</sup>. Las investigaciones clínicas prospectivas posteriores han revelado una supervivencia de este tipo de postes en dientes endodonciados del 90% entre 3 y 7 años<sup>15</sup>. Además, la incidencia de fallos catastróficos que no permiten el reemplazo de la restauración puede ser más importante que los datos de supervivencia de la misma. Un análisis de elementos finitos mostró que los postes de fibra son menos propensos a fracturas radiculares y más a fracturas de poste o restauración<sup>28</sup>.

Los postes de fibra reforzados con resina están formados por una serie de fibras alineadas y unidas de forma sólida a una matriz de resina epoxi<sup>6, 8</sup> o de resina de metacrilato con alto grado de conversión y estructura altamente cruzada a la que se añaden rellenos y agentes radiopacos<sup>6</sup>. Durante el proceso de fabricación, las fibras son pretensadas y, a continuación, se inyecta la resina que hará de matriz. Finalmente, se polimeriza lo que da lugar al poste con las fibras dispuestas de forma paralela longitudinalmente a lo largo del mismo<sup>29</sup>.

En función del tipo de fibra podemos clasificarlos en postes de fibra de carbono, cuarzo, silicio o vidrio<sup>4</sup>. Las fibras de cuarzo están formadas por dióxido de silicio puro en forma cristalizada. Las fibras de vidrio, en cambio, presentan en su composición dióxido de silicio, óxido de calcio, óxido de boro, óxido de aluminio y óxidos de metales alcalinos en fase amorfa<sup>6, 30</sup>. Los postes de fibra de vidrio son, normalmente, los más utilizados en clínica por sus propiedades mecánicas favorables, cualidades estéticas y su capacidad para unirse químicamente a la matriz polimérica<sup>6, 27</sup>.

Presentan numerosas ventajas como la biocompatibilidad, la estética y que no sufren problemas de corrosión. Pero sin duda su mayor ventaja reside en su comportamiento biomecánico. Tienen un módulo elástico similar a la dentina (aproximadamente 20 GPa) y una elevada resistencia a la flexión, lo que se traduce en una menor transmisión de estrés a las paredes del conducto radicular, disminuyendo así la probabilidad de fracturas radiculares irreparables<sup>25, 26, 27, 30, 31, 32</sup>.

Para unir este tipo de poste al canal radicular normalmente se emplean cementos de resina<sup>1, 2</sup>. Surgieron en la década de 1950 y han evolucionado mucho hasta los cementos de resina actuales que presentan una elevada resistencia a la compresión y la tracción, baja solubilidad y propiedades estéticas muy favorables.

Entre sus inconvenientes hay que mencionar que son sensibles a la técnica y son caros<sup>33</sup>.

El objetivo es lograr una interacción entre todos los componentes, dentina-cemento y cemento-poste, conocida como “*monoblock*”, un compuesto estructural y mecánicamente homogéneo que logra distribuir mejor el estrés<sup>1, 2, 34</sup>. Se requieren dos requisitos para que un *monoblock* funcione como una unidad mecánicamente homogénea. Primero, los materiales que lo constituyen deberían tener la habilidad de unir fuertemente a otros, así como al sustrato. Segundo, los materiales deberían tener un módulo elástico similar al sustrato<sup>34</sup>.

Las complicaciones más frecuentes de este tipo de restauración están relacionadas con pérdida de adhesión, con el consiguiente descementado del poste<sup>4, 8, 15, 17</sup>. Cuando falla la interfase entre el poste y la dentina, aumenta el riesgo de fractura del diente o de la restauración, por tanto, la retención es crítica para la supervivencia final del complejo<sup>35</sup>.

## **2.2 Acondicionamiento del poste**

La matriz orgánica de resina epoxi del poste presenta una elevada densidad de reticulación, lo que la hace prácticamente incapaz de reaccionar con los monómeros de los cementos de resina. Para mejorar esta unión, se han propuesto diferentes pretratamientos de la superficie del poste, con el fin de lograr una mejora en la retención química y micromecánica de los componentes<sup>25, 36, 37</sup>. Esta afirmación se basa en el hecho de que las resinas de Bis-GMA y TEGDMA son incapaces de penetrar en los postes de fibra prefabricados<sup>37</sup>. Por ello, se propone el tratamiento de la superficie de los postes para mejorar la unión con los adhesivos y cementos.

Existen numerosas formas para el pretratamiento de la superficie de los postes descritas por diferentes autores<sup>25, 36, 37, 38</sup>.

Se han utilizado para tal fin tratamientos mecánicos, como la abrasión con partículas de sílice o aluminio, aunque parece que no son adecuados por la elevada probabilidad de dañar las fibras de vidrio<sup>21, 25, 39</sup>. Por ello, generalmente se utilizan de

agentes químicos, como por ejemplo, el ácido fluorhídrico, el permanganato potásico, el etóxido sódico, o el peróxido de hidrógeno, que producen rugosidades en la superficie del poste para mejorar la unión mecánica con el cemento de resina<sup>25, 38, 40, 41</sup>. También se han reportado resultados aceptables con aplicación de polidopamina<sup>21</sup>.

La aplicación de silano sobre la superficie del poste es otro de los tratamientos más utilizados y ampliamente investigados. Los agentes de acoplamiento de silano son moléculas bifuncionales, presentan una parte funcional orgánica (vinilo, alilo, amino e isocianato) que puede polimerizar con una matriz orgánica, y unos grupos alcoxi (metoxi y etoxi) que son capaces de reaccionar con sustrato inorgánico. El silano más común es el 3-metacriloxipropiltrimetoxisilano que se diluye en una mezcla de etanol y agua con pH en torno a 4 o 5<sup>37</sup>. Su mecanismo de acción se basa en la humectabilidad de la superficie con la consiguiente formación de un puente químico entre la matriz de resina del adhesivo o cemento y la fase de vidrio del poste<sup>37, 38, 41</sup>.

Un estudio de Leme y colaboradores encontró buenos resultados en cuanto a la adhesión en dientes con postes cementados utilizando silano. Sin embargo, hay otros autores que opinan que no une de forma adecuada a la matriz orgánica, únicamente a las fibras de vidrio<sup>37</sup>. De esta forma, Samimi y colaboradores, Menezes y colaboradores o Elsaka y colaboradores proponen la aplicación de peróxido de hidrógeno previamente al silano, para hacer rugosa la superficie y exponer en primera instancia las fibras de vidrio, generando así un enlace químico más fuerte. Los tres autores coinciden en que cuando se utiliza a baja concentración penetra en la matriz del poste pero no genera grandes espacios para una buena retención mecánica, no obstante, con mayores concentraciones se obtienen resultados positivos<sup>25, 36, 38</sup>.

A pesar de que existe un debate hoy en día acerca de la utilización o no de silano como acondicionamiento, numerosos autores defienden la silanización sea previa o posteriormente a la exposición química de las fibras<sup>3, 21, 37, 42</sup>.

### **2.3 Acondicionamiento de la dentina**

A pesar de la complejidad de todo lo citado anteriormente, es la interfase cemento-dentina la que más fracasos presenta. Para evitar la pérdida de adhesión, se han propuesto también algunos pretratamientos de la dentina previos al cementado<sup>3,</sup>

<sup>24</sup>.

Los principales factores que comprometen la durabilidad de los enlaces resina-dentina son la degradación hidrolítica de la resina polimerizada por absorción de agua, la infiltración incompleta de los monómeros de resina en la red de colágeno, la sustitución incompleta del agua libre y unida débilmente a los compartimentos de las fibrillas de colágeno y la lisis de las fibrillas de colágeno denudadas dentro de la capa híbrida producida por MMPs endógenas, que se observa en la unión con la dentina con el paso del tiempo<sup>4, 17, 43</sup>. Las MMPs son un grupo de enzimas estructuralmente relacionadas, pero genéticamente diferentes, de la clase endopeptidasa involucradas en la degradación de la matriz extracelular tanto en situaciones fisiológicas como patológicas. Han sido detectadas en dentina las MMPs 2, 8 y 9<sup>43, 44</sup>.

También el exceso de barrillo dentinario, que contiene material orgánico, inorgánico, microorganismos y material necrótico es complejo de controlar y un posible punto débil en la adhesión<sup>4, 16, 24</sup>.

Para evitar estos problemas, se utilizan los diferentes acondicionamientos de dentina, de los cuales los más habituales y mencionados aquí son la CHX, el EDTA, el NaOCl y el ácido fosfórico<sup>24</sup>.

La CHX se utiliza como inhibidor no específico de las MMPs aplicado sobre la matriz de colágeno desmineralizada previamente a la aplicación del adhesivo. Detiene la degradación de los enlaces inhibiendo la actividad de las MMPs y catepsinas de cisteína. Se utiliza también como irrigador de endodoncia por sus propiedades antimicrobianas y su sustantividad. No afecta a la resistencia adhesiva inmediatamente ni a largo plazo<sup>1, 4, 17</sup>.

El acondicionamiento con EDTA promueve una capa híbrida más fina, sin desnaturalización de colágeno que permite mayor penetración de la resina<sup>1, 45</sup>. Presenta leve influencia sobre la dentina y tiene una capacidad de descalcificación muy leve. Puede prolongar la durabilidad del enlace. No hay consenso sobre la influencia del EDTA en la resistencia adhesiva<sup>1</sup>.

El NaOCl se emplea principalmente como irrigante en endodoncia para prevenir la reinfección y asegurar el tratamiento de conductos a largo plazo, lo que también es importante para evitar el fracaso posterior de la restauración completa. Es un agente proteolítico no específico y actúa como disolvente orgánico<sup>1, 46, 47</sup>. También es un

agente oxidante, puede crear una capa de oxígeno en la pared de la dentina e inhibir la polimerización y aumentar la microfiltración, disminuyendo así la resistencia. Otros autores no han reportado diferencias entre el hipoclorito y los agentes no oxidantes<sup>1, 46, 48</sup>. Mao y colaboradores reportaron en un estudio que el NaOCl remueve el colágeno desmineralizado, lo que lleva a un aumento en el diámetro de los *tags* de resina posteriormente durante la adhesión. Combinado con EDTA además elimina el barrillo dentinario de forma eficaz<sup>9</sup>.

El ácido fosfórico puede eliminar la capa de barrillo, desmineralizar la dentina y abrir los túbulos dentinarios, y exponer las fibrillas de colágeno para permitir infiltración de resina en la matriz<sup>23, 46, 49</sup>. Suele emplearse en gel en concentraciones de 32-37%<sup>23</sup>.

#### **2.4 Procedimientos y materiales para el cementado**

En conjunto, hay numerosos factores que influyen en la supervivencia del poste: los factores dentales, como la cantidad de diente remanente o ferrule, el estado periodontal, y la relación con los dientes adyacentes y opuestos; factores relacionados con el poste, como la longitud, la conicidad, el diámetro y el material del poste; y factores relacionados con el cemento, como la contracción de polimerización, la dificultad de llegar con la luz a las zonas apicales, y control de la humedad para lograr una adhesión óptima<sup>3, 50</sup>.

La unión de los postes al canal radicular es todavía un desafío por el acceso y la visibilidad limitados, el control de la humedad, la reducción del número de túbulos dentinarios en el tercio apical y la deposición de cemento y dentina secundaria. Además, el factor C en el interior radicular es extremadamente alto<sup>5, 15, 17, 22, 32</sup>.

Por ello, las expectativas de una unión “monoblock” entre cemento-dentina-poste son poco realistas a nivel clínico y muy complejas de lograr<sup>5, 34</sup>.

Se han desarrollado numerosas estrategias para el cementado de postes en el conducto radicular. La selección incorrecta o manipulación inadecuada de los materiales puede afectar significativamente a la longevidad de una restauración indirecta<sup>33</sup>.

Como se ha mencionado anteriormente, se emplean principalmente los cementos de resina, que han ido evolucionando con el tiempo para simplificar los pasos clínicos<sup>33</sup>.

Existen varios criterios para clasificar los cementos de resina. Se pueden clasificar por el mecanismo de formación de la matriz en: cementos de resina fotopolimerizables, autopolimerizables o de polimerización dual<sup>33</sup>. Estos últimos son muy interesantes para lograr la polimerización completa en todos los segmentos radiculares, especialmente el apical<sup>33, 50, 51</sup>. Una incompleta polimerización de los cementos contribuye a unas pobres propiedades físicas y un comportamiento clínico pobre<sup>51</sup>. Otra forma de agruparlos es según la estrategia de adhesión y pueden ser cementos de resina convencionales en combinación con adhesivos de grabado total o autograbantes; cementos de autograbado; y cementos autoadhesivos<sup>5, 52</sup>.

Los cementos de resina más recientemente introducidos son los autoadhesivos, con la finalidad de simplificar los pasos del procedimiento de adhesión y ahorrar tiempo, ya que no precisan de pretratamiento de la dentina radicular<sup>35, 47, 52, 53</sup>. Tienen una matriz orgánica y relleno inorgánico. Los rellenos inorgánicos se componen de combinaciones de cristales de fluoroaluminoborosilicato de bario, cuarzo, sílice coloidal, fluoruro de iterbio u otros<sup>10</sup>. La matriz orgánica consiste en metacrilatos de ácido fosfórico multifuncional u otros monómeros ácidos, lo que permite la desmineralización e infiltración simultánea de la dentina<sup>10, 47, 52, 54</sup>. El primer cemento autoadhesivo introducido en el mercado fue el RelyX UniCem (2002)<sup>10, 14</sup>. Todos ellos, parecen representar una alternativa válida a las técnicas convencionales de adhesión<sup>14, 53</sup>.

Otra tendencia actual es el empleo de una resina compuesta fluida para reconstrucción de muñones también para el cementado del poste con el propósito de llevar a cabo la restauración final simultáneamente. De esta forma también logramos la simplificación de la técnica y el ahorro de tiempo. Generalmente, son cementos de resina convencionales combinados con adhesivos de grabado total o autograbantes<sup>15</sup>.

Algunos autores en sus estudios han reportado éxito de los cementos autoadhesivos frente a los adhesivos convencionales, como Pereira y colaboradores, y Marchesi y colaboradores<sup>19, 52</sup>. Sin embargo, son resultados controvertidos. Otros

autores como Marques de Melo y colaboradores describieron una formación de *tags* y penetración del adhesivo mejor con adhesivos de grabado total y cementos convencionales que con cementos autoadhesivos<sup>18</sup>.

En lo referente a los adhesivos utilizados acompañando a los cementos convencionales, los de tipo autograbante fueron introducidos para eliminar el paso previo de grabado ácido, ya que sus monómeros ácidos simultáneamente graban e infiltran el sustrato dental. Los de “un solo paso” o “todo en uno” tienen la intención de combinar todos los pasos en una única aplicación. La capacidad de unión a esmalte con estos últimos es más deficiente, sin embargo, la unión a la dentina va mejorando, pero que se produzca un pregrabado inadvertido puede afectar negativamente a la eficacia de la unión<sup>55</sup>. Los monómeros ácidos que contienen son hidrofílicos y pueden crear canales de agua a lo largo de la capa adhesiva. Dicha agua junto con la acidez residual son responsables de la activación de MMPs endógenas, lo que desencadena actividades colagenolíticas en la dentina<sup>18, 43</sup>. Esto no sucede en el caso de los cementos autoadhesivos, que tienen capacidad *buffer* por sí mismos.

Para eliminar las complicaciones y proporcionar un producto único para todas las situaciones, se desarrollaron adhesivos “universales” para unir a múltiples materiales de restauración<sup>11, 12, 14, 55, 56</sup>. Los fabricantes han sugerido que pueden promover la adhesión a superficies de base sílice y/o óxidos metálicos, como circonio y aleaciones de metal no preciosas, sin necesidad de primer adicional<sup>14, 56</sup>. Algunos presentan en su composición silano, para mejorar la adhesión a superficies orgánicas e inorgánicas<sup>14, 41</sup>. También encontramos en su composición monómeros fosfato, que contienen grupos funcionales capaces de polimerizar con la matriz de metacrilato de cementos de resina, composites y adhesivos<sup>14</sup>. Un monómero muy común es el MDP que fue introducido en primera instancia por Kuraray Medical Inc (Okayama, Japón)<sup>56</sup> y se añadía a los cementos de resina para mejorar la adhesión a metales y cerámicas de bajo contenido en vidrio. Posteriormente, otros fabricantes lo incorporaron a los adhesivos<sup>11, 14, 56</sup>. Ha demostrado un enlace a la dentina muy eficaz y duradero por su reacción con la hidroxiapatita para formar una sal de calcio, con baja solubilidad en agua, creando una interfase estable hidrolíticamente<sup>55, 57, 58</sup>. La utilización de este tipo de adhesivos junto con un cemento de resina convencional en el cementado de postes, podría disminuir el riesgo del acondicionamiento inadecuado<sup>14</sup>. Pueden ser adhesivos

de grabado total (de 2 pasos) o autograbantes (de 1 o 2 pasos)<sup>11, 12, 13, 56</sup>. Actualmente, se desarrollan estudios para probar su eficacia, como el estudio de Kim y colaboradores en el cual mostraron una resistencia comparable a los adhesivos convencionales<sup>56</sup>. Perdigao y colaboradores, sin embargo, sugieren que el carácter hidrófilo de los adhesivos simplificados hace que se comporten como membranas semipermeables, lo que permite el movimiento de fluido a través de la interfase resina-dentina, que conduce a la degradación del enlace con el tiempo. Parece un patrón semejante a los adhesivos convencionales<sup>12</sup>.

## **2.5 Estudio de las interfaces adhesivas**

Las condiciones clínicas se simulan con frecuencia en el laboratorio debido a que es la forma más sencilla de evaluación de todas las técnicas descritas anteriormente<sup>59</sup>. Se pueden realizar estudios mediante pruebas de carga mecánica con o sin envejecimiento. Posteriormente, el modo de fracaso tras las pruebas mecánicas se determina con microscopía óptica, estereoscópica o MEB<sup>19</sup>.

Los estudios ultraestructurales de morfología y de microfiltración de la interfase adhesiva también pueden realizarse mediante diferentes formas de microscopía como la microscopía electrónica de transmisión, microscopía confocal láser, microscopía de fuerza atómica o MEB<sup>15, 19, 53</sup>.

### **2.5.1 Estudios de carga mecánica**

La longevidad de una restauración se prevé en cierta medida por su capacidad adhesiva, y esto a su vez se puede medir mediante las pruebas de resistencia de la unión. Una prueba ideal para la resistencia adhesiva debe ser precisa, fiable clínicamente, y poco sensible a la técnica. Debe implicar el uso de pruebas poco sofisticadas y de bajo coste. Las pruebas de resistencia adhesiva de laboratorio pueden ser estáticas o dinámicas<sup>60</sup>.

**Pruebas estáticas:** En las pruebas estáticas, se aplica la carga cuando la muestra está estática. Las pruebas estáticas se clasifican en macro-test donde el área de unión es mayor que 3 mm<sup>2</sup> y micro-test cuando es menor que 3 mm<sup>2</sup><sup>60</sup>.

Los ensayos macro-test son pruebas más sencillas pero con mayores deficiencias, y la resistencia adhesiva puede medirse de diferentes maneras dependiendo del sentido de aplicación de la carga. De este modo, encontramos test de macrocizalla, test de macrotracción o macrotensión, test de tracción o *pull-out*, y test de macrocompresión o *push-out*<sup>60</sup>.

Destaca entre ellos el test de *push-out* en el que se aplica una carga lineal a través de un émbolo montado en una máquina de ensayo universal. El émbolo debe proporcionar una cobertura casi completa del material de prueba sin tocar la pared del conducto radicular. Es útil para probar la adherencia de los selladores de conductos radiculares y la retención de postes en los conductos radiculares<sup>60</sup>.

Los ensayos micro-test se desarrollaron debido a que las muestras de ensayo más pequeñas son más precisas en comparación con las grandes por una menor probabilidad de defectos inherentes al tamaño. Dentro de este grupo tenemos test de microcizalla, test de microtensión o microtracción, y test de microcompresión o *micropush-out*<sup>61</sup>.

Dentro de estos ensayos, el más utilizado en los estudios *in vitro* que se realizan actualmente es el de *micropush-out*. Se desarrolló para superar los problemas del test de *push-out*, de manera que éste fue modificado con secciones de un espesor aproximado de 1 mm, y así, se consigue disminuir la fricción de deslizamiento durante el ensayo<sup>57</sup>.

El test de *micropush-out* permite distribuir el estrés de forma más homogénea y produce menor variabilidad en los resultados. Las fuerzas se producen paralelas a la interfase, lo cual es similar a las condiciones clínicas. Con esta prueba se pueden preparar entre 3 y 6 secciones de cada raíz, para asociar cada sección o dos secciones a una zona de la dentina radicular clasificada en apical, media y coronal. Por contra, es posible que el proceso de corte pueda introducir artefactos que resulten en un coeficiente de variación elevado<sup>57</sup>.

**Pruebas dinámicas:** En circunstancias clínicas, la interfase adhesiva de una restauración más bien está expuesta a cargas cíclicas, producidas durante la masticación. Es necesario complementar los datos de la resistencia estática con datos

de fatiga dinámica para una mejor simulación del funcionamiento clínico. No hay un estándar para ensayos de fatiga de adhesivos<sup>60</sup>.

### 2.5.2 Envejecimiento

Varios autores han tratado de envejecer las muestras para imitar la degradación de los enlaces con el tiempo que se produce en la cavidad oral<sup>60, 62</sup>. Se puede realizar de diferentes maneras:

- Almacenamiento en agua o saliva artificial por intervalos de tiempo de hasta 3 meses<sup>60, 62</sup>.
- Ciclos térmicos o termociclado para tratar de simular las condiciones térmicas de la cavidad oral<sup>60, 62</sup>.
- Ciclos mecánicos, para simular la masticación<sup>60, 62</sup>. En la cavidad oral la compresión cíclica es el esfuerzo más común y oscila entre 70 y 150N<sup>60</sup>.

### 2.5.3 Estudios de morfología mediante MEB

Los estudios de MEB permiten la evaluación de la interfase adhesiva y se han empleado, generalmente, como complemento de otros estudios de carga mecánica<sup>19</sup>.

No requieren una preparación muy compleja de las muestras. Se puede utilizar un modo de vacío bajo y preservar las características originales para análisis posteriores<sup>57</sup>.

Podemos evaluar varios parámetros de la interfase como, por ejemplo, la profundidad a la cual el sistema adhesivo penetra en el tejido duro dental, el espesor y la calidad de la capa híbrida, los *tags* de resina, los *gaps* formados por el cemento, previa realización de cortes transversales o longitudinales en el diente<sup>5, 59</sup>. Las zonas de *gaps* pueden ser responsables del inicio de fracturas y su propagación<sup>5</sup>. Con esta técnica se consigue estudiar en su conjunto la adaptación del poste al conducto.

### 2.5.4 Estudios de microfiltración mediante MEB

Los estudios de microfiltración nos aportan información acerca del sellado de la interfase adhesiva. Hay numerosas técnicas de microscopía que se pueden utilizar para observar y evaluar la microfiltración, nos centramos en la evaluación mediante MEB.

La nanofiltración se definió originalmente como el fenómeno de la penetración de un trazador a través de espacios de 20-10 nm en el interior de la capa híbrida, incluso en ausencia de brechas marginales<sup>63</sup>. Este término se utiliza hoy en día indistintamente con el de microfiltración.

Se emplean numerosas sustancias como marcadores de la microfiltración de la interfase: tintes orgánicos, marcadores radioactivos, o nitrato de plata. La primera tinción de la interfase fue descrita por Going y colaboradores en 1960 y empleaban colorantes radioactivos<sup>59</sup>.

El nitrato de plata es ampliamente utilizado como marcador de la interfase poste-cemento-dentina. Utilizando una solución amoniaca de nitrato de plata, se definió un patrón de nanofiltración reticular y con manchas, que con el tiempo de almacenamiento evoluciona a un patrón de morfología más variada, con diferentes mecanismos de degradación<sup>63</sup>.

La técnica del nitrato de plata desarrollada por Pashley y Tay (2002), ha sido utilizada por otros autores posteriormente ya que permite evaluar la filtración producida en la interfase adhesiva sin tener en cuenta o permitiendo diferenciarla de los posibles defectos o alteraciones de la muestra producidos durante la observación con microscopio electrónico cuando se produce el vacío<sup>64</sup>.

El nitrato de plata se deposita alrededor de las fibrillas de colágeno desnudas, en los huecos producidos por la infiltración. Estas zonas porosas pueden conducir a iniciación de grietas y falta de unión con los consiguientes fallos adhesivos<sup>22</sup>.

Por estas razones expuestas anteriormente decidimos realizar un test de *micropush-out* para evaluar la resistencia adhesiva de la interfase y un estudio morfológico y de microfiltración de dicha interfase mediante MEB.

# **3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **3.1 HIPÓTESIS**

Para nuestro estudio, pondremos a prueba las siguientes hipótesis nulas ( $H_0$ ):

- 1) El tipo de acondicionamiento de dentina empleado no influye sobre las características mecánicas, morfológicas y de sellado de las interfases producidas al cementar postes de fibra en conductos radiculares.
- 2) El tipo de cemento de resina utilizado no influye sobre las características mecánicas, morfológicas y de sellado de las interfases creadas al cementar postes de fibra en conductos radiculares.

### **3.2 OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

Estudiar mediante pruebas mecánicas, análisis ultraestructural y pruebas de microfiltración la influencia de las variables: tipo de acondicionamiento de dentina, y tipo de cemento de resina, en la interfase adhesiva producida tras cementar postes de fibra de vidrio en los conductos radiculares.

#### **Objetivos específicos**

Determinar las diferencias en la resistencia adhesiva de los postes cementados en función del tipo de acondicionamiento utilizado.

Determinar las diferencias en la resistencia adhesiva de los postes cementados en función del tipo de cemento de resina empleado.

Establecer las diferencias a nivel morfológico de las interfases en función del tipo de acondicionamiento realizado.

Establecer las diferencias a nivel morfológico entre las interfases en función del tipo de cemento de resina empleado.

Comparar la capacidad de sellado de las interfases en función del tipo de acondicionamiento de dentina empleado.

Comparar la capacidad de sellado de las interfases en función del tipo de cemento de resina utilizado.

Determinar la influencia del nivel radicular en la fuerza de adhesión y la capacidad de sellado de las interfases.

Determinar la incidencia de los distintos tipos de fracaso en la interfase adhesiva.

Describir desde el punto de vista morfológico las diferentes interfases adhesivas existentes entre el poste, el cemento y la dentina valorando los siguientes parámetros: grado de interacción cemento-dentina o cemento-poste, formación de *tags*, espesor de la capa de cemento, características del poste.

# **4. MATERIAL Y MÉTODOS**

## **4. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **4.1 Procedimiento de selección de los dientes**

Para el estudio, se recopilaron 90 dientes unirradiculares humanos extraídos por razones ortodóncicas o periodontales y se almacenaron en suero fisiológico (Grifols®) a temperatura ambiente durante un tiempo no superior a 6 meses.

Para la selección de los dientes se realizó un muestreo no aleatorio de casos consecutivos y se seleccionaron aquellos que cumplían unos criterios de inclusión y exclusión que se enumeran a continuación:

#### **4.1.1 Criterios de inclusión**

- Dientes unirradiculares humanos
- Conducto que no presente una curvatura pronunciada comprobada radiográficamente
- Ausencia de caries, reabsorciones radiculares externas, fisuras visibles
- Ausencia de tratamiento endodóntico previo
- Longitud igual o superior a 15 mm medidos desde el ápice a la LAC

#### **4.1.2 Criterios de exclusión**

- Dientes que presenten alguna fractura o fisura visible observada con microscopio estereoscópico

### **4.2 Material utilizado**

#### **4.2.1 Preparación de los dientes**

- Calibre digital Ratio® (200 mm)
- Juego de limas K Flexofile® (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suiza)
- Juego de limas ProTaper® (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suiza)
- Flexobend (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suiza)
- Hipoclorito de sodio al 5,25%
- EDTA en gel al 15% (RC-Prep™)

- Puntas de papel (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suiza)
- Gutapercha (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suiza)
- Cemento sellador Simpli Seal® (Discus™, Smart Endodontics®)
- Cavit® G (3M ESPE, Seefeld, Alemania)
- Pinzas
- Fresas Gates-Glidden de números 2 y 3
- Postes de resina reforzados con fibra de vidrio de 1,2 mm de diámetro del sistema Rebilda® Post (Voco)
  - Tamaño: 12
  - Color guía para el drill: Verde
  - Longitud: 19 mm
  - Diámetro coronal: 1,2 mm
  - Diámetro apical: 0,65 mm
- Sistema de *drills* correspondiente con los postes de fibra de vidrio del sistema Rebilda® Post (VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemania)
- Sistema adhesivo autograbante universal Futurabond® M+ (VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemania)
- Cemento de resina dual Rebilda® DC (VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemania)
- Cemento de resina autoadhesivo dual Bifix® SE (VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemania)
- Clorhexidina 2% CanalPro™ (CHX 2% Coltene® Endo)
- Ácido ortofosfórico al 37% (Proclinic)
- EDTA líquido 0,1M (AppliChem GmbH, Panreac, ITW Companies, Germany)
- Alcohol al 96%
- Silano Ceramic Bond (VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemania)
- Suero fisiológico Grifols®
- Rotulador permanente negro

#### 4.2.2 Test de *micropush-out*

- Rotulador permanente
- Cinta adhesiva de doble cara

- Máquina universal de ensayos electromecánicos Hounsfield HTE (Croydon, Inglaterra, Reino Unido)
- Software de ensayos avanzados Metrotest
- Cámara fotográfica Nikon Coolpix® acoplada en el microscopio estereoscópico Leica® MZ 12
- Analizador de imagen Image Tool 3.0®
- Microsoft Excel 2010

#### **4.2.3 Análisis mediante microscopía electrónica de barrido**

- Nitrato de plata cristalizado 25 gramos
- Solución de hidróxido de amonio 28%
- Agua destilada 25 ml
- Líquido revelador fotográfico
- Ácido ortofosfórico 37% (Proclinic)
- Hipoclorito de sodio al 5,25%
- Discos de pulido de carburo de silicio de 500μ, 800μ y 1200μ
- Portamuestras
- Bisturí

#### **4.3 Desarrollo del estudio**

##### **4.3.1 Preparación de las muestras**

Una vez seleccionados los 90 dientes, se midió de nuevo cada raíz con el calibre digital Ratio® para comprobar que presentaban al menos 15 mm medidos desde el ápice al límite amelocementario. Se marcaron con rotulador permanente a 15mm desde el ápice y se seccionaron a ese nivel efectuando un corte perpendicular al eje del diente mediante la hoja de diamante de una máquina cortadora Exakt® bajo abundante irrigación con agua.

A continuación, se llevó a cabo el tratamiento de conductos a una longitud de trabajo de 14 mm combinando instrumentación manual, con limas K Flexofile®

(Dentsplay, Maillefer, Ballaigues, Suiza), e instrumentación mecánica, mediante un juego de limas ProTaper® (Dentsplay, Maillefer, Ballaigues, Suiza) e irrigación con hipoclorito de sodio al 5,25% y EDTA al 15% en gel. Se secaron con puntas de papel (Dentsplay, Maillefer, Ballaigues, Suiza) y se obturaron con gutapercha (Dentsplay, Maillefer, Ballaigues, Suiza) y cemento sellador Simpli Seal® (Discus™, Smart Endodontics®) mediante una técnica de condensación lateral. A continuación, se selló la entrada al conducto con un cemento temporal libre de eugenol (Cavit®, 3M ESPE, Seefeld, Alemania) y se almacenaron en suero fisiológico durante 7 días a temperatura ambiente para permitir el fraguado del cemento sellador.

Trascurrido ese tiempo, se procedió a conformar el lecho para el poste, con un espacio de 11 mm medidos desde la superficie plana coronal, mediante un contraángulo bajo abundante irrigación con agua. Se emplearon fresas Gates-Glidden de los números 2 y 3 para vaciar la gutapercha del conducto y, después, los drills correspondientes a los postes de resina reforzados con fibra de vidrio de 1,2 mm de diámetro del sistema Rebuilda® Post (Voco). Una vez conformado el conducto, se aclaró con agua y se secó con aire libre de aceite.

En todos los grupos se cementó un poste de resina reforzado con fibra de vidrio de 1,2 mm de diámetro del sistema Rebuilda® Post (VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemania). Previamente, se colocó un tope de goma a 11 mm para mantener la referencia de la longitud durante el cementado. Después, se limpió con alcohol al 96% y se secó con aire libre de aceite durante 10 segundos. A continuación, se aplicó silano Ceramic Bond (VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemania) sobre la superficie y se dejó secar durante 60 segundos.

Llegados a este punto, se distribuyeron los 90 dientes de forma aleatoria en tres grupos, en función del pretratamiento de la dentina con diferentes acondicionamientos y, a su vez, cada grupo en dos subgrupos en función del tipo de cemento de resina empleado para la adhesión del poste.

Grupo en función del tipo de acondicionamiento de dentina:

Grupo 1: Aplicación de CHX durante 2 minutos, lavado y secado 5 segundos. Ningún acondicionamiento adicional.

Grupo 2: Acondicionamiento con ácido ortofosfórico al 37% durante 15 segundos, lavado y secado 5 segundos. Aplicación de CHX durante 2 minutos, lavado y secado 5 segundos.

Grupo 3: Acondicionamiento con EDTA 0,1M durante 1 minuto, lavado y secado 5 segundos. Aplicación de CHX durante 2 minutos, lavado y secado 5 segundos.

Subgrupo en función del tipo de cemento de resina:

Subgrupo 1: Aplicación del sistema adhesivo universal Futurabond® M+, formado por dos frascos, uno con el propio adhesivo y otro con el activador Futurabond® M+ DCA (dual cure activator), mezclando una gota de cada componente (relación 1:1) en un molde con diferentes hendiduras destinado para este fin durante 3 segundos. Se llevó al conducto con un micropincel, se movió durante 20 segundos y se retiró el sobrante mediante una punta de papel. Se secó con aire libre de aceite durante 5 segundos y no se fotopolimerizó. A continuación, se utilizó el cemento Rebuilda® DC, una resina de baja viscosidad para muñones de polimerización dual que actuaba a su vez como cemento de resina y como material para reconstrucción del muñón. Se aplicó con la pistola y la cánula específica en el conducto. Se aplicó además sobre la superficie del poste. Se colocó el poste en el interior del conducto y se esperaron 3 minutos. Se fotopolimerizó con una lámpara de luz halógena (Spectrum 800, Dentsply) durante 40 segundos. Por último, se reconstruyó un muñón, se esperaron 3 minutos y se fotopolimerizó durante 40 segundos.

Subgrupo 2: Se introdujo el cemento autoadhesivo Bifix® SE en el conducto desde dentro hacia fuera con una cánula específica y se aplicó también sobre la superficie del poste con dicha cánula. Se insertó el poste en el interior del conducto ejerciendo una presión leve y se esperaron 4 minutos. Se fotopolimerizó con la lámpara de luz halógena durante 40 segundos. A continuación, se reconstruyó el muñón igualmente con Bifix® SE, se esperaron 4 minutos y se fotopolimerizó durante 40 segundos.

Para la asignación aleatoria de los dientes en los grupos y subgrupos de trabajo citados se emplearon unas tablas de números aleatorios de Excel 2010.

Todos los materiales se manipularon de acuerdo con las instrucciones del fabricante y su composición se muestra en la Tabla 1.

<b>Tabla 1: Materiales utilizados para el cementado y su composición</b>		
<b>Nombre del material</b>	<b>Tipo de material</b>	<b>Composición</b>
Rebilda® DC	Cemento de resina fluido de polimerización dual para reconstrucción de muñones	Bis-GMA, uretanodimetacrilatos, BHT, peróxido de benzoílo
Bifix® SE	Cemento de resina fluido autoadhesivo de polimerización dual	Bis-GMA, metacrilatos alifáticos, metacrilatos aromáticos, metacrilatos ácidos, peróxido de benzoílo, aminas, BHT
Futurabond® M+	Adhesivo universal autograbante	Monómero 10-MDP, etanol, agua, metacrilatos UDMA-TEGDMA
Bis-GMA = bisfenol-A-glicidildimetacrilato; BHT = butilhidroxitolueno; UDMA = uretano dimetacrilato; TEGDMA = trietilenglicol dimetacrilato.		

Los dientes se almacenaron en suero fisiológico durante 7 días a temperatura ambiente.

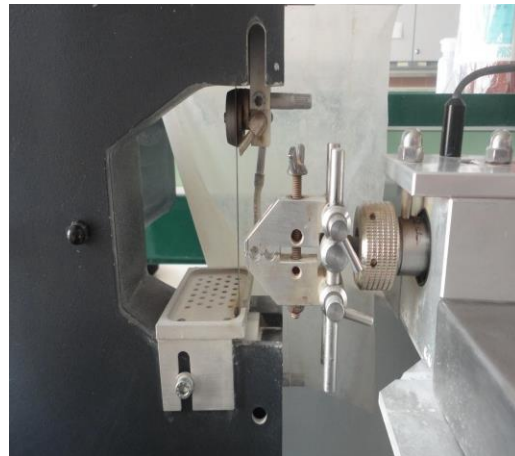
#### **4.3.2 Test de *micropush-out* y análisis del modo de fracaso**

Se destinaron 12 dientes de cada grupo con su correspondiente subgrupo experimental (n=12) para la realización de un ensayo mecánico de *micropush-out*. Se realizaron tres cortes transversales por cada raíz, cada uno de 2 mm. De esta forma, se obtuvieron 216 cortes en total.

Los cortes se efectuaron mediante la hoja de diamante de la máquina cortadora Exakt® (Figs. 1a y 1b). Para ello, se fijó el diente a la pinza de la máquina mediante el muñón creado previamente y se realizaron los cortes comenzando desde apical, retirando los 3 mm apicales de gutapercha, para continuar con los cortes de 2 mm. Los cortes obtenidos tenían un espesor aproximado de 1,6 mm, ya que se perdía un espesor de 0,4 mm en cada sección por la hoja de corte. El primero representaba el tercio apical, el posterior el tercio medio y, el último corte efectuado, el tercio coronal. Se realizó una marca con rotulador permanente fino en la dentina de la cara apical de todas las secciones para reconocer ambos lados de cada una en todo momento. No se perdió ninguna muestra en la fase de corte.



**Fig. 1a:** Máquina cortadora Exakt®



**Fig. 1b:** Detalle de la pinza

El test de *micropush-out* se realizó con la máquina universal de ensayos electromecánicos Hounsfield HTE (Croydon, Inglaterra, Reino Unido) (Figs. 2a y 2b). Para ello, se fijó cada porción a la base del dispositivo de la máquina con cinta adhesiva de doble cara, asegurándonos de que la porción coronal quedaba enfrentada con el mismo, y que el poste de fibra estaba perfectamente centrado con el orificio que presenta.

Una vez fijada la muestra, se realizó el ensayo mecánico mediante un punzón cilíndrico de 0.8 mm de diámetro en su punta, centrado con respecto a la sección del poste, evitando cualquier contacto con la superficie de dentina circundante. La carga

de compresión de 500N se aplicó en dirección apical-coronal, a una velocidad de 0,5 mm/min hasta alcanzar la carga de rotura, que se manifestó por la extrusión parcial o total del poste de fibra de la porción radicular.



**Fig. 2a:** Máquina Hounsfield HTE



**Fig. 2b:** Detalle del punzón y el dispositivo

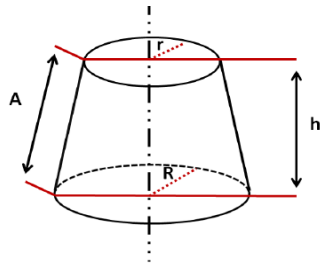
Los resultados se registraron en N mediante el software de ensayos avanzados Metrotest. Para poder expresar la fuerza de adhesión en MPa se utilizó la siguiente fórmula:

$$F \text{ de adhesión (MPa)} = \text{Carga del fracaso (N)} / \text{Área de la interfase de unión (mm}^2\text{)}$$

Para calcular el área de la interfase de unión se utilizó la fórmula correspondiente al área de un tronco de cono (Fig. 3)<sup>10, 65</sup>:

$$A = \pi (R + r) [h^2 + (R-r)^2]^{0.5}$$

Donde  $\pi = 3.14$ , R = Radio coronal del poste; r = Radio apical del poste; h = Grosor del corte de la raíz.



**Fig. 3:** Área de un tronco de cono

Para medir los radios del poste, previamente al ensayo mecánico, se realizaron fotos de la cara apical y de la cara coronal de cada sección mediante la cámara Nikon Coolpix® acoplada en el microscopio estereoscópico Leica® MZ12 (Figs. 4a y 4b). Los radios se midieron sobre las imágenes obtenidas con ayuda del analizador de imágenes Image Tool 3.0.



**Fig. 4a:** Microscopio estereoscópico  
Leica MZ12 vista frontal



**Fig. 4b:** Vista lateral

Adicionalmente, los cortes previamente sometidos al test de *micropush-out*, se examinaron al microscopio estereoscópico para determinar el tipo de rotura producida en el ensayo. Se clasificaron en 6 grupos, de acuerdo con el tipo de fracaso<sup>42</sup>:

- 1) Fracaso adhesivo entre la dentina y el cemento
- 2) Fracaso adhesivo entre el poste y el cemento
- 3) Mixto, con cemento de resina cubriendo 0%-50% del perímetro del poste

- 4) Mixto, con cemento de resina cubriendo 50%-100% del perímetro del poste
- 5) Fracaso cohesivo dentro del cemento
- 6) Fracaso cohesivo dentro de la dentina

#### **4.3.3 Análisis morfológico y de microfiltración**

Se destinaron 2 dientes de cada grupo con su correspondiente subgrupo experimental (n=2) para la realización de un estudio morfológico y de microfiltración mediante microscopía electrónica de barrido. Se realizaron, en este caso, seis cortes transversales de 1,4 mm en cada raíz y se obtuvieron en total 72 cortes.

Los cortes se efectuaron de igual manera que en las pruebas mecánicas, con la hoja de corte de la máquina Exakt® y tenían un espesor aproximado de 1mm, por la pérdida mencionada anteriormente. No se perdió ninguna muestra en la fase de corte.

Se realizaron fotografías previas de ambas caras de cada sección con el microscopio estereoscópico Leica® MZ 12 para obtener información en primera instancia.

Posteriormente, se prepararon las muestras mediante la técnica del nitrato de plata de Tay y Pashley (2002)<sup>64</sup> que consiste en la preparación de una solución amoniacal de nitrato de plata que se obtiene mediante la disolución de 25 gramos de nitrato de plata cristalizado ( $\text{AgNO}_3$ ), pesados mediante una balanza digital Mettler AJ100, en 25ml de agua destilada (proporción 1:1). Después, se emplea hidróxido de amonio concentrado al 28% ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) para aclarar lentamente la solución negra anterior hasta que se vuelve transparente según los iones de amonio forman un complejo con la plata dando lugar a iones de plata diamina ( $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ). Esa solución se diluye en 50 ml de agua destilada para conseguir una solución al 50% en peso (pH=9.5). Las muestras se sumergieron en esta solución en tubos de ensayo individuales, rotulados para su correcta identificación, durante 24 horas. Posteriormente, se aclararon con agua abundantemente.

Transcurrido este tiempo, se introdujeron en líquido revelador fotográfico durante 8 horas para reducir los iones de plata diamina en granos de plata metálica,

los cuales pueden rellenar los huecos a lo largo de la interfase adhesiva. Después, se aclararon con agua abundante.

Tras este proceso, se fijaron las muestras con cinta adhesiva de doble cara a unos portamuestras de acero por su cara apical. Se pulió la superficie coronal de cada una con discos abrasivos de granos de carburo de silicio de 500, 800 y 1200  $\mu$ .

Una vez pulidas, se atacaron grabando su superficie con ácido ortofosfórico al 37% durante 5 minutos y se aclararon con agua. Por último, se sumergieron en solución de hipoclorito sódico al 5,25% durante 2 minutos para desproteinizarlas. Se aclararon nuevamente con agua.

Se introdujeron en el metalizador para llevar a cabo su metalización con grafito durante 20 minutos (Figs. 5a, 5b y 5c).



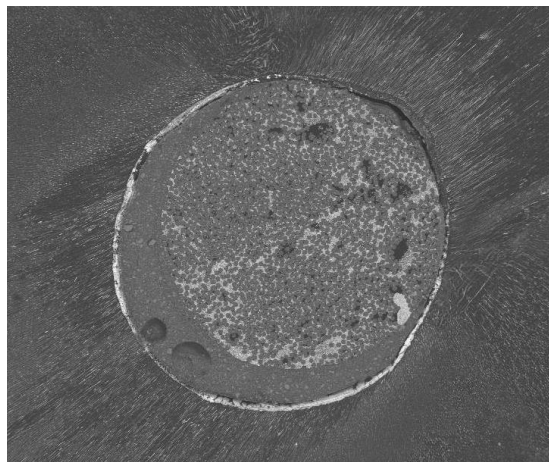
**Fig. 5a:** Máquina para metalización de muestras; **Fig. 5b:** Procedimiento de metalización; **Fig. 5c:** Detalle de muestra metalizada con grafito.

Se examinaron con un microscopio electrónico de barrido JSM 6400 JEOL del ICTS Centro Nacional de Microscopía Electrónica (Fig. 6).



**Fig. 6:** Microscopio electrónico de barrido JSM 6400 JEOL

Se tomaron imágenes estandarizadas de todas las muestras a 50x y otras imágenes de algunos detalles más concretos a 250x (Fig. 7).



**Fig. 7:** Imagen de MEB con magnificación 50x.

Se realizó un estudio morfológico en el cual se valoraron los siguientes parámetros: grado de interacción cemento-dentina o cemento-poste, formación de *tags*, espesor de la capa de cemento, características del poste.

También un estudio de microfiltración mediante el análisis de imágenes con una magnificación de 50x del MEB.

Se llevó a cabo según el modelo de Saboia et al (2008)<sup>66</sup> una cuantificación, expresada en porcentajes, de la longitud de poste filtrada en base a la longitud total del poste con la siguiente fórmula:

$$\text{(Longitud de poste filtrada/ Longitud total del poste) x100}$$

La longitud del poste se calculó con la fórmula de la longitud de la circunferencia ( $2\pi r$ ; siendo  $r$  el radio de la circunferencia). La longitud filtrada se calculó como longitud en la cual aparecía depositado nitrato de plata. Para este procedimiento nos ayudamos del analizador de imágenes Image Tool 3.0.

Las muestras se clasificaron según el grado de microfiltración en 4 grupos:

- Grupo 1: < 25% de microfiltración
- Grupo 2:  $25 \leq 50\%$  de microfiltración
- Grupo 3:  $50 \leq 75\%$  de microfiltración
- Grupo 4: > 75% de microfiltración

Se destinaron a su vez los 6 dientes restantes, uno por cada grupo y subgrupo experimental, para un estudio morfológico mediante la realización de cortes longitudinales para observar la interfase desde una perspectiva diferente que pudiera aportar información adicional, empleando también microscopía electrónica de barrido.

En este caso, los dientes se pulieron mediante una pulidora Struers Dap-7 hasta obtener una hemisección longitudinal de cada raíz (Fig. 8). Se realizaron fotos con el microscopio estereoscópico Leica® MZ12.



**Fig. 8:** Pulidora Struers Dap-7

Después, se realizó el tratamiento con la solución amoniacal de nitrato de plata, se pegaron a los portamuestras, se pulieron, atacaron y desproteinizaron de la misma manera que las muestras transversales.

Con un bisturí de hoja afilada se realizaron unas muescas en la dentina que marcaban la separación entre los tercios apical, medio y coronal del poste, medidos con calibre digital para ser analizadas con microscopio electrónico de barrido y tomar imágenes estandarizadas en detalle a 50x y 250x mediante el mismo procedimiento (Fig. 9).



**Fig. 9:** Detalle de muestra longitudinal vista al MEB

#### **4.4 Recogida de datos y análisis estadístico de los resultados**

Todos los datos obtenidos con los ensayos de *micropush-out*, el análisis del modo de fracaso y el estudio de microfiltración se registraron en unas tablas realizadas con el programa Microsoft Excel 2010.

Para analizar el conjunto de dichos datos obtenidos en nuestro estudio se utilizó el programa SPSS 22.0 para Windows, para detectar si existían diferencias entre los grupos y sus correspondientes subgrupos.

En primer lugar, se analizaron los datos registrados de fuerza de adhesión medida en MPa, obtenidos en los ensayos de *micropush-out*, mediante el test de Shapiro Wilk, y se determinó que esta variable cuantitativa no cumplía principios de normalidad para algunos grupos de estudio.

Por lo tanto, para el estudio de *micropush-out* se realizaron test de Kruskal-Wallis para determinar si existían interacciones de la fuerza de adhesión con el método de acondicionamiento, el cemento de resina o el nivel radicular.

Tanto para el análisis del modo de fracaso, como para el estudio de microfiltración se realizaron pruebas de Chi-cuadrado mediante tablas de contingencia.

Se realizó, además, un análisis descriptivo de los detalles más relevantes de las imágenes tomadas de las muestras transversales y longitudinales. No se empleó análisis estadístico en este caso.

# **5. RESULTADOS**

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Resultados del ensayo mecánico de *micropush-out*

La estadística descriptiva de la fuerza de adhesión (MPa) obtenida en los ensayos mecánicos de *micropush-out* en relación a las diferentes variables de estudio se muestra en la Tabla 2 y los Gráficos 1, 2 y 3:

Tabla 2: Estadística descriptiva de las fuerzas de adhesión registradas en los ensayos mecánicos de <i>micropush-out</i>					
Tercio radicular	Subgrupo	Grupo	Fuerza adhesión media (MPa)	Desviación estándar	N
Apical	Rebilda® DC	Sin acondicionamiento	1,11	0,55	12
		Ácido fosfórico	0,78	0,50	12
		EDTA	0,70	0,42	12
		Total	0,86	0,51	36
	Bifix® SE	Sin acondicionamiento	1,09	0,69	12
		Ácido fosfórico	1,18	0,46	12
		EDTA	1,32	0,65	12
		Total	1,20	0,60	36
	Total	Sin acondicionamiento	1,10	0,61	24
		Ácido fosfórico	0,98	0,51	24
		EDTA	1,01	0,62	24
		Total	1,03	0,58	72
Medio	Rebilda® DC	Sin acondicionamiento	1,08	0,49	12
		Ácido fosfórico	0,74	0,40	12
		EDTA	0,78	0,32	12
		Total	0,87	0,43	36
	Bifix® SE	Sin acondicionamiento	1,32	0,62	12
		Ácido fosfórico	1,06	0,34	12
		EDTA	1,29	0,58	12
		Total	1,22	0,52	36

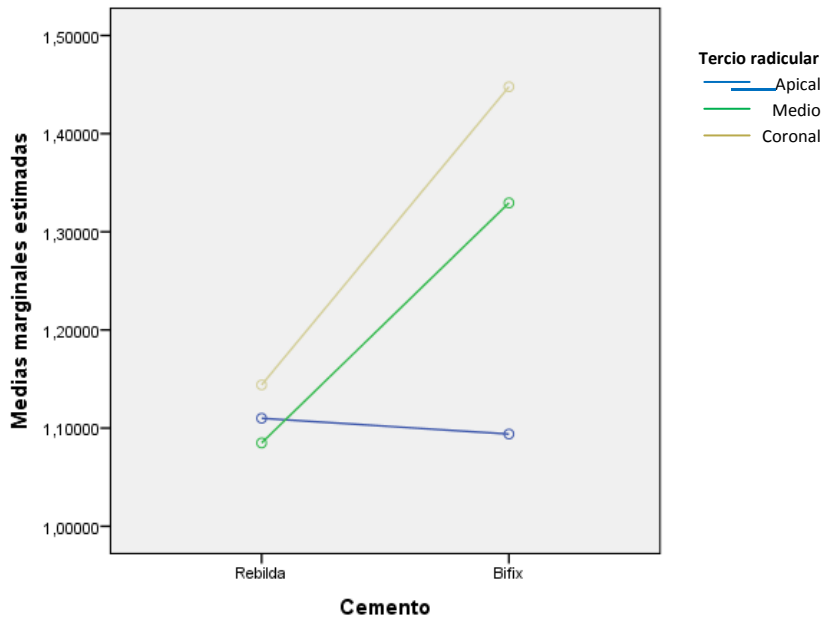
	Total	Sin acondicionamiento	1,20	0,56	24
		Ácido fosfórico	0,90	0,40	24
		EDTA	1,03	0,53	24
		Total	1,05	0,51	72
Coronal	Rebilda® DC	Sin acondicionamiento	1,14	0,57	12
		Ácido fosfórico	0,93	0,31	12
		EDTA	1,17	0,29	12
		Total	1,08	0,41	36
	Bifix® SE	Sin acondicionamiento	1,44	0,50	12
		Ácido fosfórico	1,08	0,26	12
		EDTA	1,20	0,37	12
		Total	1,24	0,41	36
	Total	Sin acondicionamiento	1,29	0,54	24
		Ácido fosfórico	1,00	0,29	24
		EDTA	1,19	0,33	24
		Total	1,16	0,41	72

En la Tabla 2, podemos apreciar los valores de fuerza de adhesión media en MPa y la desviación estándar de cada grupo de acondicionamiento, cada subgrupo de cemento y cada tercio radicular. Dichos valores, en general, fueron similares en todos los grupos de acondicionamiento de la dentina, aunque mostraron una tendencia a ser más elevados en el grupo sin acondicionamiento. El cemento autoadhesivo Bifix® SE presentó valores superiores de fuerza respecto al cemento convencional Rebilda® DC.

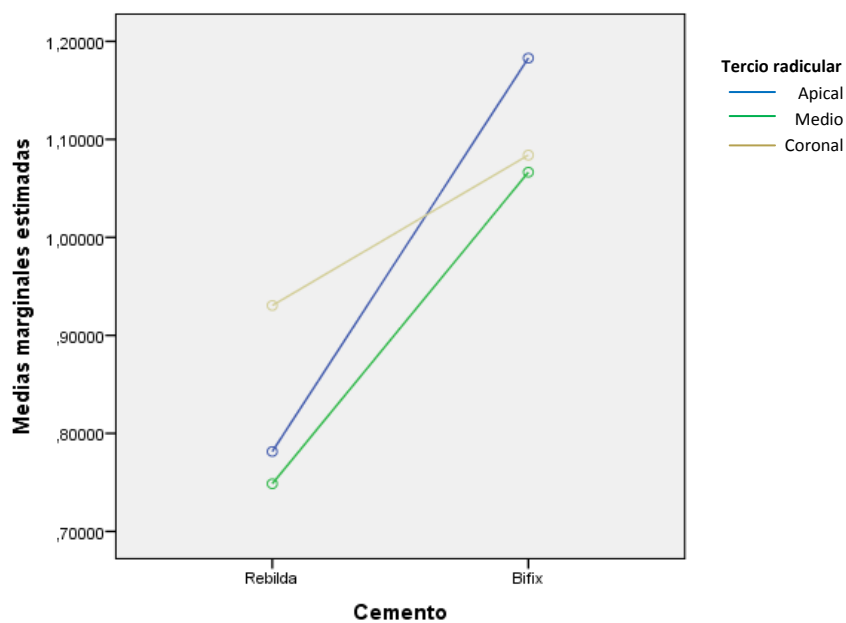
Los Gráficos 1, 2 y 3 muestran también la fuerza de adhesión (MPa) en cada subgrupo de cemento y para cada nivel radicular. En el Gráfico 1, dentro del grupo sin acondicionamiento, podemos observar una diferencia en la fuerza entre ambos cementos a nivel medio y coronal. En los Gráficos 2 y 3, correspondientes a los grupos de acondicionamiento con ácido fosfórico y EDTA, apreciamos una pendiente muy acusada que marca la diferencia de fuerza entre ambos cementos en los tercios apical

y medio. El cemento convencional presentó unos valores más bajos que el cemento autoadhesivo.

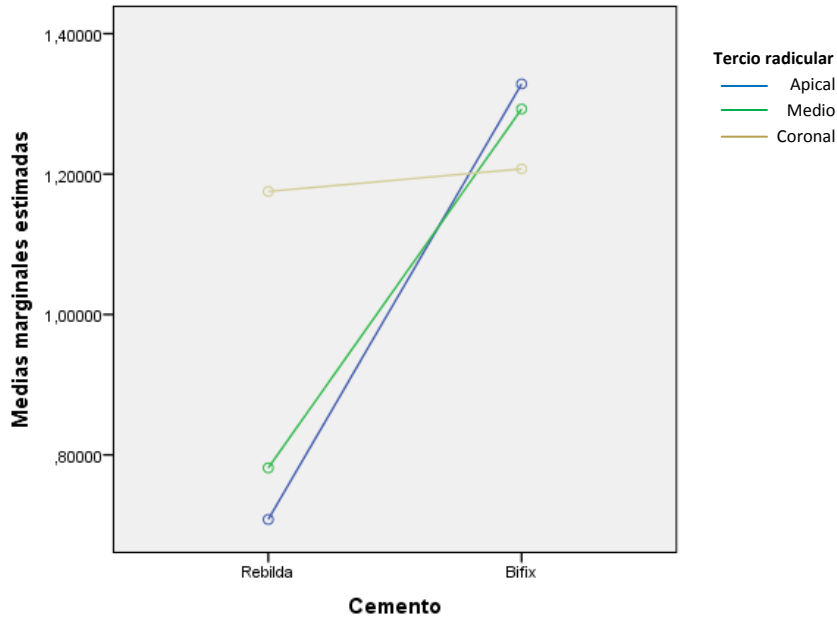
**Gráfico 1.** Fuerzas de adhesión medias (MPa) dentro del grupo sin acondicionamiento



**Gráfico 2.** Fuerzas de adhesión medias (MPa) dentro del grupo de acondicionamiento con ácido fosfórico



**Gráfico 3.** Fuerzas de adhesión medias (MPa) dentro del grupo de acondicionamiento con EDTA



Se realizó un test de Kruskal-Wallis para estudiar las posibles diferencias en la fuerza de adhesión media entre los diferentes acondicionamientos (para cada posición y en cada cemento), se concluyó que:

- 1) No se hallaron diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza entre los tres métodos de acondicionamiento en el tercio apical ( $p=0,145$ ), ni en el tercio medio ( $p=0,110$ ), ni en el tercio coronal ( $p=0,268$ ), en el subgrupo de cemento Rebilda® DC.
- 2) No se encontraron diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza entre los métodos de acondicionamiento a nivel apical ( $p=0,718$ ), ni a nivel medio ( $p=0,411$ ), ni a nivel coronal ( $p=0,102$ ), en el subgrupo de cemento Bifix® SE.

Se realizó una prueba de U de Mann-Whitney para evaluar las posibles diferencias en la fuerza de adhesión media entre los diferentes cementos (para cada tercio radicular y en cada acondicionamiento) y se pudo apreciar lo siguiente:

- 1) Para el grupo sin acondicionamiento, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza entre los tipos de cemento en el tercio apical ( $p=0,887$ ), ni en el tercio medio ( $p=0,378$ ), ni en el tercio coronal ( $p=0,160$ ).
- 2) Para el grupo de acondicionamiento con ácido fosfórico, se encontraron diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza entre los tipos de cemento en el tercio apical ( $p=0,045$ ), y en el tercio medio ( $p=0,033$ ); sin embargo no se encontraron a nivel coronal ( $p=0,178$ ). En el tercio apical, la fuerza de adhesión media del cemento Rebilda® DC ( $0,78 \pm 0,50$  MPa) fue inferior a la del cemento Bifix® SE ( $1,18 \pm 0,46$  MPa). A nivel medio, la fuerza de adhesión media del cemento Rebilda® DC ( $0,74 \pm 0,40$  MPa) también fue inferior a la del cemento Bifix® SE ( $1,06 \pm 0,34$  MPa).
- 3) Para el grupo de acondicionamiento con EDTA, se encontraron también diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza entre los dos tipos de cemento en el tercio apical ( $p=0,010$ ), y en el tercio medio ( $p=0,005$ ), pero no se encontraron, tampoco en este caso, a nivel coronal ( $p=1,000$ ). A nivel apical, la fuerza de adhesión media del cemento Rebilda® DC ( $0,70 \pm 0,42$  MPa) fue menor que la del cemento Bifix® SE ( $1,32 \pm 0,65$  MPa). A nivel medio, la fuerza de adhesión media del cemento Rebilda® DC ( $0,78 \pm 0,32$  MPa) también fue inferior a la del cemento Bifix® SE ( $1,29 \pm 0,58$  MPa).

Se realizó otro test de Kruskal-Wallis para ver si existían diferencias entre las posibles combinaciones de todos los Grupos con sus correspondientes Subgrupos, y se pudo observar lo siguiente:

- 1) No se hallaron diferencias significativas en la fuerza de adhesión entre todas las categorías a nivel apical ( $p=0,051$ ) con un nivel de confianza del 95%, pero se puede apreciar que está muy cerca del límite.
- 2) Sí se hallaron diferencias significativas en la fuerza de adhesión entre las diferentes combinaciones de Grupos y Subgrupos a nivel medio ( $p=0,010$ ) al 95% de confianza. La comparativa entre el acondicionamiento con ácido fosfórico junto con cemento Rebilda®DC, y sin acondicionamiento junto con

cemento Bifix®SE muestra una mayor fuerza de adhesión en esta última combinación citada ( $p=0,047$ ). También podemos apreciar una tendencia de la combinación del acondicionamiento EDTA junto con Bifix®SE a una fuerza de adhesión mayor que el acondicionamiento con ácido fosfórico junto con cemento Rebuilda®DC, aunque no es significativa ( $p=0,062$ ).

- 3) No se hallaron diferencias significativas entre las distintas combinaciones a nivel coronal ( $p=0,870$ ).

## 5.2 Resultados del análisis de fracaso

La distribución de frecuencias y porcentajes del tipo de fracaso en base a las diferentes variables (acondicionamiento, cemento y tercio radicular) se refleja en las siguientes Tablas 3 y 4:

Tabla 3: Número y porcentaje del tipo de fracaso según el modo de acondicionamiento dentro de cada tercio radicular								
Tercio radicular	Grupo	Fracaso						
		1 n (%)	2 n (%)	3 n (%)	4 n (%)	5 n (%)	6 n (%)	Total n (%)
Apical	Sin acondicionamiento	22 (91,7%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (8,3%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	24 (100%)
	Ácido fosfórico	21 (87,5%)	0 (0,0%)	1 (4,2%)	2 (8,3%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	24 (100%)
	EDTA	20 (83,3%)	0 (0,0%)	4 (16,7%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	24 (100%)
	Total	63 (87,5%)	0 (0,0%)	5 (6,9%)	4 (5,6%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	72 (100%)
Medio	Sin acondicionamiento	22 (91,7%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (4,2%)	0 (0,0%)	1 (4,2%)	24 (100%)
	Ácido fosfórico	19 (79,2%)	0 (0,0%)	1 (4,2%)	3 (12,5%)	0 (0,0%)	1 (4,2%)	24 (100%)
	EDTA	20 (83,3%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (8,3%)	0 (0,0%)	2 (8,3%)	24 (100%)
	Total	61 (84,7%)	0 (0,0%)	1 (1,4%)	6 (8,3%)	0 (0,0%)	4 (5,6%)	72 (100%)
Coronal	Sin acondicionamiento	19 (79,2%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	4 (16,7%)	0 (0,0%)	1 (4,2%)	24 (100%)

	Ácido fosfórico	19 (79,2%)	0 (0,0%)	1 (4,2%)	3 (12,5%)	0 (0,0%)	1 (4,2%)	24 (100%)
	EDTA	18 (75,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	5 (20,8%)	0 (0,0%)	1 (4,2%)	24 (100%)
	Total	56 (77,8%)	0 (0,0%)	1 (1,4%)	12 (16,7%)	0 (0,0%)	3 (4,2%)	72 (100%)
Total	Sin acondicionamiento	63 (87,5%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	7 (9,7%)	0 (0,0%)	2 (2,8%)	72 (100%)
	Ácido fosfórico	59 (81,9%)	0 (0,0%)	3 (4,2%)	8 (11,1%)	0 (0,0%)	2 (2,8%)	72 (100%)
	EDTA	58 (80,6%)	0 (0,0%)	4 (5,6%)	7 (9,7%)	0 (0,0%)	3 (4,2%)	72 (100%)
	Total	180 (83,3%)	0 (0,0%)	7 (3,2%)	22 (10,2%)	0 (0,0%)	7 (3,2%)	216 (100%)

n: recuento/ %: porcentaje según el acondicionamiento dentro de cada tercio radicular/ 1: Adhesivo cemento-dentina; 2: Adhesivo cemento-poste; 3: Mixto con cemento cubriendo del 0-50% del perímetro del poste; 4: Mixto con cemento cubriendo del 50-100% del perímetro del poste; 5: Cohesivo en el cemento; 6: Cohesivo en la dentina.

A la vista de la Tabla 3, podemos apreciar que no se registraron fracasos adhesivos entre el cemento y el poste, ni fracasos cohesivos en el cemento.

Tras realizar las pruebas de Chi-cuadrado podemos observar lo siguiente:

- 1) A nivel apical, el fracaso adhesivo entre el cemento y la dentina es el que se produjo con mayor frecuencia en el grupo sin acondicionamiento (91,7%), acondicionamiento con ácido fosfórico (87,5%), y acondicionamiento con EDTA (83,3%). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,104$ ) entre los distintos modos de acondicionamiento de la dentina al 95% de confianza.
- 2) En el tercio medio, también el fracaso adhesivo cemento-dentina fue el más frecuente en los grupos sin acondicionamiento (91,7%), ácido fosfórico (79,2%), y EDTA (83,3%). Tampoco se encontraron diferencias significativas ( $p=0,799$ ) entre los distintos acondicionamientos al 95% de confianza.
- 3) En el tercio coronal, de nuevo el fracaso adhesivo cemento-dentina fue el más frecuente, en el grupo sin acondicionamiento (79,2%), ácido fosfórico (79,2%) y EDTA (75,0%). No se hallaron diferencias significativas ( $p=0,982$ ) entre las tres formas de acondicionamiento al 95% de confianza.

Tabla 4: Número y porcentaje del tipo de fracaso según el tipo de cemento dentro de cada tercio radicular								
Tercio radicular	Subgrupo	Fracaso						
		1 n (%)	2 n (%)	3 n (%)	4 n (%)	5 n (%)	6 n (%)	Total n (%)
Apical	Rebilda® DC	32 (88,9%)	0 (0,0%)	2 (5,6%)	2 (5,6%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	36 (100%)
	Bifix® SE	31 (86,1%)	0 (0,0%)	3 (8,3%)	2 (5,6%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	36 (100%)
	Total	63 (87,5%)	0 (0,0%)	5 (6,9%)	4 (5,6%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	72 (100%)
Medio	Rebilda® DC	31 (86,1%)	0 (0,0%)	1 (2,8%)	2 (5,6%)	0 (0,0%)	2 (5,6%)	36 (100%)
	Bifix® SE	30 (79,2%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	4 (11,1%)	0 (0,0%)	2 (5,6%)	36 (100%)
	Total	61 (84,7%)	0 (0,0%)	1 (1,4%)	6 (8,3%)	0 (0,0%)	4 (5,6%)	72 (100%)
Coronal	Rebilda® DC	26 (72,2%)	0 (0,0%)	1 (2,8%)	6 (16,7%)	0 (0,0%)	3 (8,3%)	36 (100%)
	Bifix® SE	30 (83,3%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	6 (16,7%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	36 (100%)
	Total	56 (77,8%)	0 (0,0%)	1 (1,4%)	12 (16,7%)	0 (0,0%)	3 (4,2%)	72 (100%)
Total	Rebilda® DC	89 (82,4%)	0 (0,0%)	4 (3,7%)	10 (9,3%)	0 (0,0%)	5 (4,6%)	108 (100%)
	Bifix® SE	91 (84,3%)	0 (0,0%)	3 (2,8%)	12 (11,1%)	0 (0,0%)	2 (1,9%)	108 (100%)
	Total	180 (83,3%)	0 (0,0%)	7 (3,2%)	22 (10,2%)	0 (0,0%)	7 (3,2%)	216 (100%)

n: recuento/ %: porcentaje según el cemento dentro de cada tercio radicular/ 1: Adhesivo cemento-dentina; 2: Adhesivo cemento-poste; 3: Mixto con cemento cubriendo del 0-50% del perímetro del poste; 4: Mixto con cemento cubriendo del 50-100% del perímetro del poste; 5: Cohesivo en el cemento; 6: Cohesivo en la dentina.

Si observamos la Tabla 4, tampoco se registraron en ningún caso fracasos cohesivos en el cemento, ni adhesivos entre el cemento y el poste.

Tras realizar el test de Chi-cuadrado se pudo observar:

- 1) En el tercio apical, el fracaso más frecuente fue el adhesivo tanto para el cemento Rebilda® DC (88,9%), como para el cemento Bifix® SE (86,1%). No encontramos diferencias estadísticamente significativas ( $p=1,000$ ) entre los distintos tipos de cemento al 95% de confianza.

- 2) En el tercio medio, de nuevo el fracaso más frecuente fue el adhesivo cemento-dentina en el caso del cemento Rebilda® DC (86,1%) y del cemento Bifix® SE (79,2%). Tampoco hallamos diferencias significativas ( $p=0,874$ ) entre ambos tipos de cemento al 95% de confianza.
- 3) En el tercio coronal, volvemos a encontrar la misma situación para Rebilda® DC (72,2%), y Bifix® SE (83,3%). Tampoco encontramos diferencias significativas ( $p=0,292$ ) entre los tipos de cemento al 95% de confianza.

<b>Tabla 5: Numero y porcentaje del tipo de fracaso según el tercio radicular</b>						
<b>Fracaso</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Tercio</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>
<b>Apical</b>	63 (87,5%)	0 (0,0%)	5 (6,9%)	4 (5,6%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
<b>Medio</b>	61 (84,7%)	0 (0,0%)	1 (1,4%)	6 (8,3%)	0 (0,0%)	4 (5,6%)
<b>Coronal</b>	56 (77,8%)	0 (0,0%)	1 (1,4%)	12 (16,7%)	0 (0,0%)	3 (4,2%)

n: recuento/ %: porcentaje dentro del tercio radicular/ 1: Adhesivo cemento-dentina; 2: Adhesivo cemento-poste; 3: Mixto con cemento cubriendo del 0-50% del perímetro del poste; 4: Mixto con cemento cubriendo del 50-100% del perímetro del poste; 5: Cohesivo en el cemento; 6: Cohesivo en la dentina.

En esta tabla observamos que el fracaso más frecuente en los tres tercios radiculares es el adhesivo entre el cemento y la dentina, en el tercio apical con una frecuencia de 87,5%, en el tercio medio de 84,7% y en el tercio coronal 77,8%. No se registró ninguna muestra con fracaso cohesivo en el cemento o adhesivo entre el cemento y el poste. En el tercio apical tampoco detectamos ningún fracaso cohesivo en la dentina.

Tras realizar el test de Chi-cuadrado podemos afirmar lo siguiente:

- 1) Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,032$ ) en referencia al tipo de fracaso entre los tercios radiculares al 95% de confianza.

El tercio coronal y el tercio apical difieren en la proporción de muestras que presentan un fracaso mixto con cemento cubriendo 50-100% del perímetro del poste, es mayor en el tercio coronal. La proporción de muestras con un fracaso cohesivo en la dentina es mayor en el tercio medio que en el tercio apical.

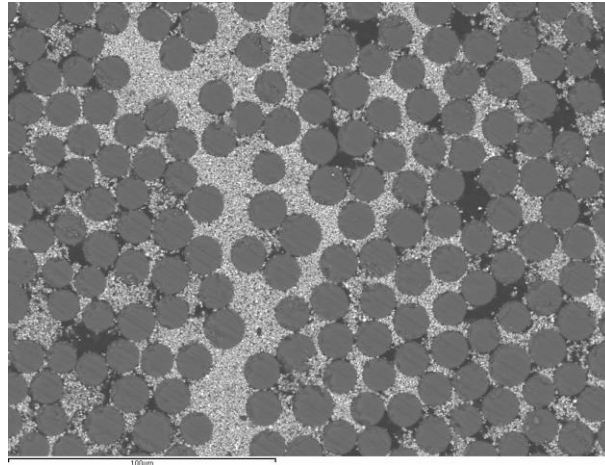
### **5.3 Análisis descriptivo de muestras transversales y longitudinales**

Todas las imágenes obtenidas con MEB de los cortes transversales a 50x se muestran en el Anexo 1.

En general, si analizamos el conjunto de imágenes, en prácticamente todas ellas podemos observar una interfase cerrada entre el poste y el cemento, que no presenta soluciones de continuidad, con la excepción de dos casos a nivel coronal y nivel medio pertenecientes a dos grupos diferentes. Sin embargo, la interfase cemento-dentina si se observa alterada en la mayoría de ocasiones, mostrando soluciones de continuidad en diferentes localizaciones, en especial a nivel apical. El espesor de cemento de las muestras oscila en la zona coronal entre 100 y 250 micras aproximadamente y va disminuyendo hacia apical, donde se sitúa entre 50 y 100 micras aproximadamente. En general es bastante uniforme, exceptuando algunos casos donde el conducto se convierte en ovalado hacia coronal y aumenta el espesor de cemento en esta localización. Respecto a los tipos de acondicionamiento, en las muestras tratadas con ácido fosfórico podemos apreciar de forma llamativa nitrato de plata en el interior de los túbulos dentinarios dispuestos de manera longitudinal, lo que se atribuye al grabado previo de la dentina que genera mayores espacios en dichos túbulos para que penetre el adhesivo.

En lo referente al cemento, se observaron partículas de relleno inorgánico embebidas en la matriz de resina, ligeramente más pequeñas en el seno del cemento autoadhesivo Bifix® SE que en el cemento convencional Rebilda® DC, pero similares en lo que respecta a la cantidad. Esta última afirmación corrobora lo que refieren los fabricantes de que ambos cementos tienen un porcentaje de relleno de 70% en peso. Los *tags* de resina eran un poco más cortos y menos abundantes en el caso del cemento autoadhesivo, lo que sugiere que presenta menor interacción con la dentina.

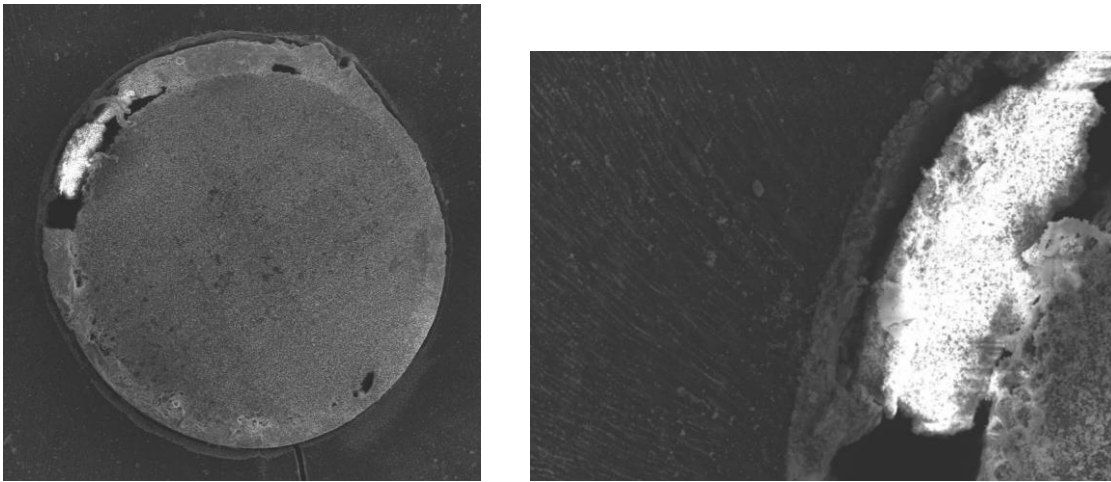
Las fibras del poste se encontraban distribuidas de manera poco uniforme en la matriz de resina, lo que podría afectar a las características del mismo al encontrar zonas donde se hallan agrupadas y a muy corta distancia frente a otras donde domina la presencia de resina. Además, advertimos unos espacios vacíos en el seno de la resina. El diámetro de las fibras oscilaba entre 11 y 14 micras (Fig. 10).



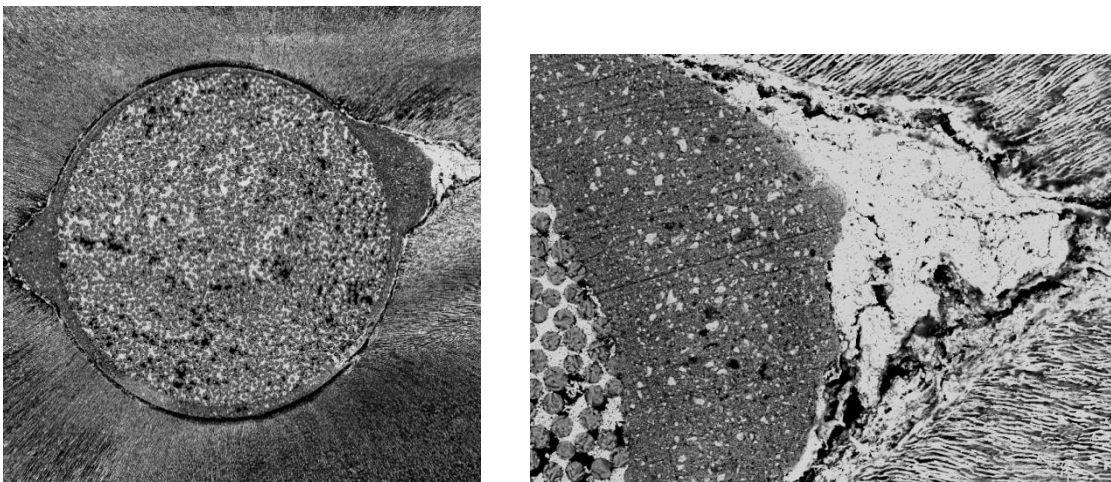
**Figura 10:** Detalle de las fibras del poste a 500x.

En general, los valores de microfiltración variaron entre unas muestras y otras. El nitrato llegó a penetrar en los túbulos dentinarios, especialmente en las muestras tratadas con ácido fosfórico. Se observó en todos los casos en la interfase cemento-dentina y también en dos muestras el nitrato de plata afectó a la interfase cemento-poste.

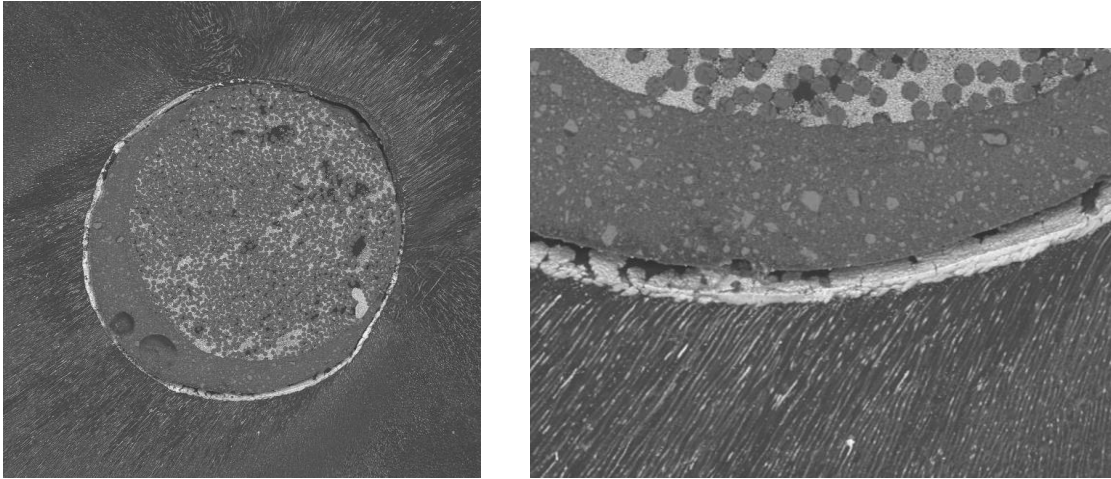
A continuación se muestran las imágenes más representativas de cada Grupo (G) y Subgrupo (S):



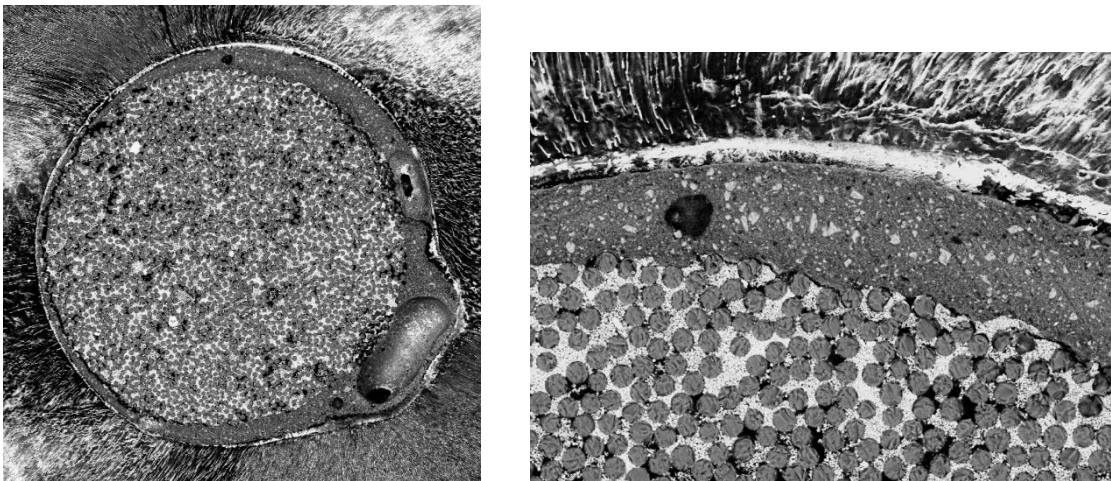
**Figura 11: A:** Corte Coronal 2 perteneciente a G1 S1. **B:** Detalle del mismo de zona superior izquierda a 250x. Se observa deposición por nitrato de plata en una burbuja en el seno del cemento que afecta a ambas interfaces.



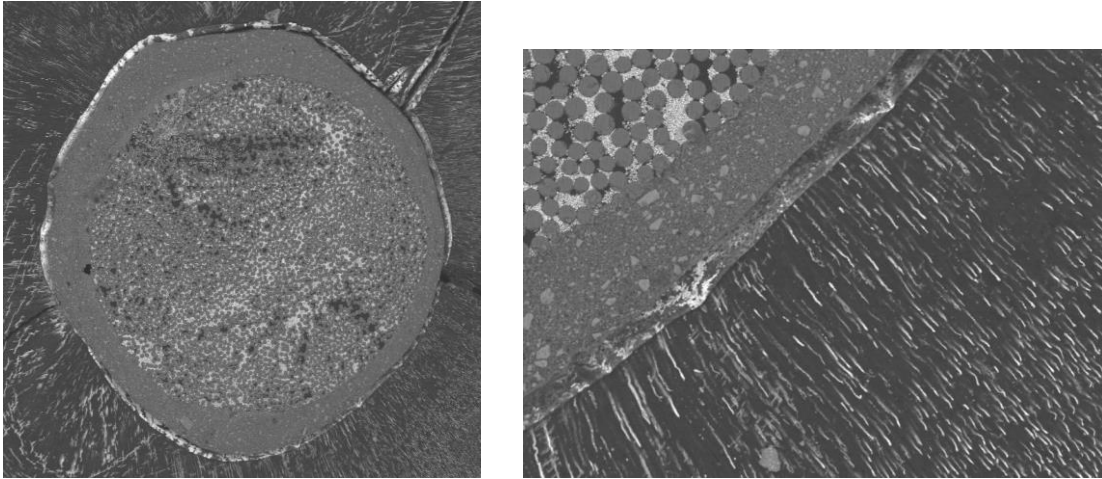
**Figura 12: A:** Corte Coronal 1 perteneciente a G1 S1. **B:** Detalle del mismo de zona derecha a 250x. Apreciamos nitrato de plata en la interfase cemento-dentina en una zona donde el conducto se convierte en ovalado y el espesor de cemento aumenta considerablemente.



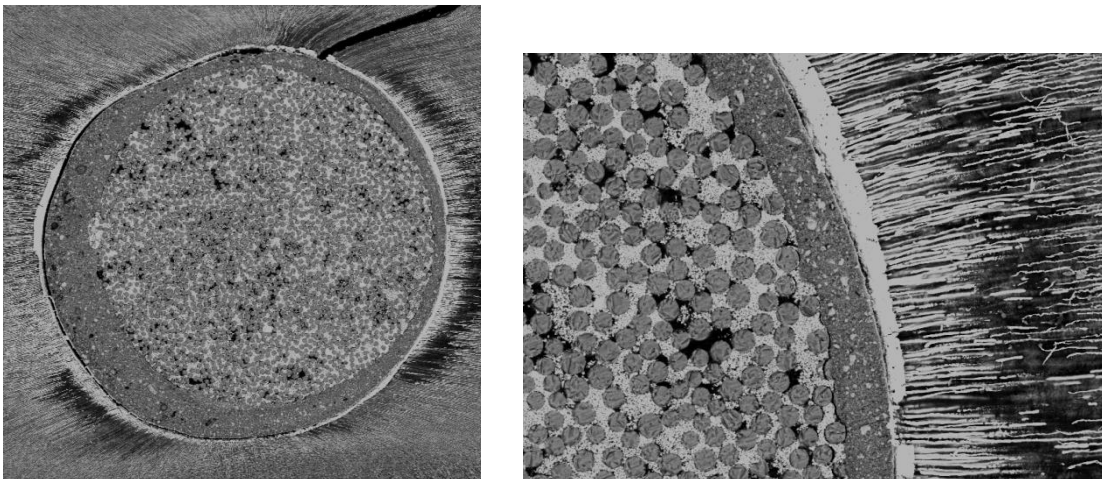
**Figura 13: A:** Corte Apical 2 perteneciente a G2 S1. **B:** Detalle del mismo de zona inferior a 250x. Se observa una zona del poste con una distribución de fibras poco homogénea, un espesor de cemento grueso, y la dentina, con los túbulos dentinarios ocupados por nitrato de plata debido al grabado ácido previo durante el acondicionamiento del conducto. Se puede apreciar abundante deposición por nitrato de plata en la interfase cemento-dentina.



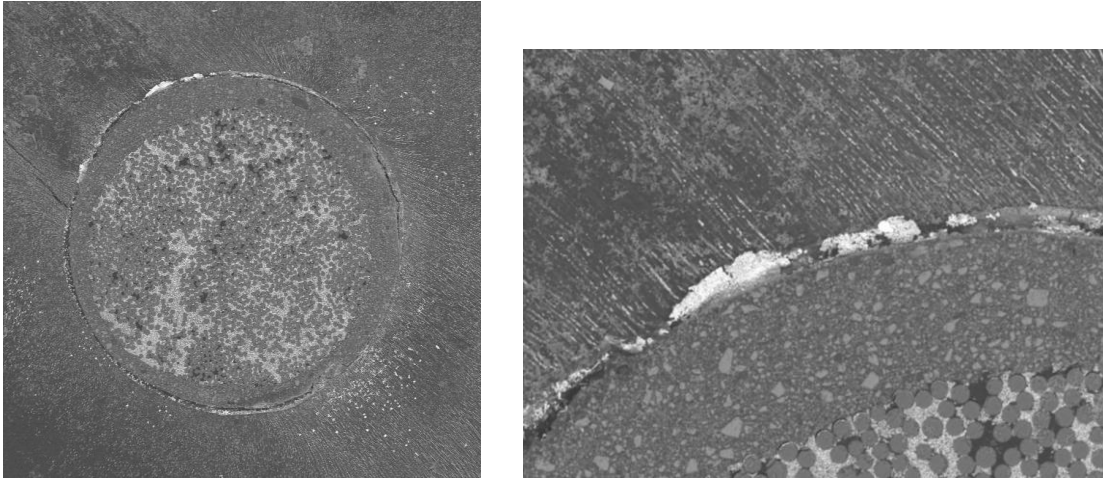
**Figura 14: A:** Corte Coronal 1 perteneciente a G2 S1. **B:** Detalle de la zona superior a 250x. En este caso, las fibras del poste parecen bastante organizadas en la matriz de resina. La deposición por nitrato de plata es muy abundante en la interfase cemento-dentina. Se observa nitrato también ocupando los túbulos dentinarios por el grabado previo con ácido fosfórico.



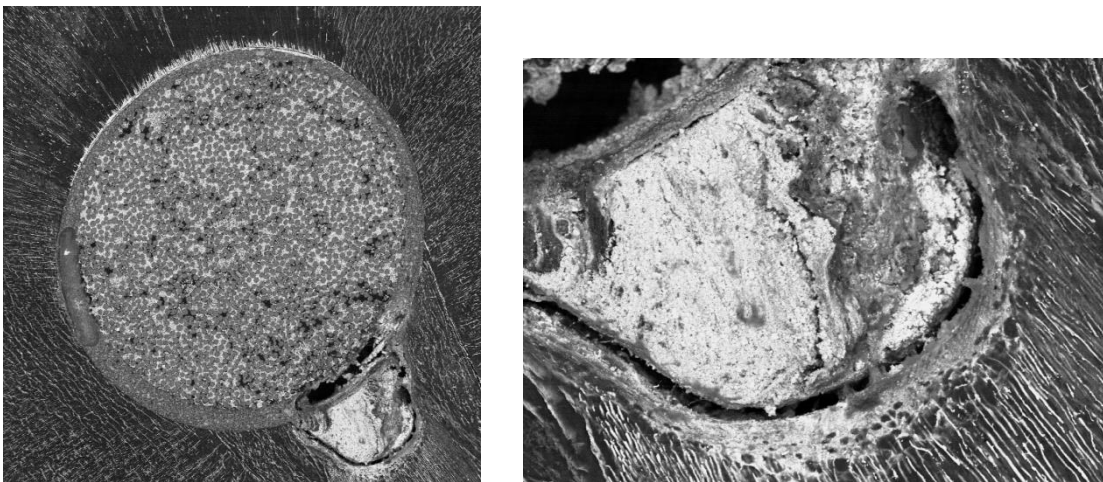
**Figura 15: A:** Corte Coronal 2 perteneciente al G3 S1. **B:** Detalle de esquina inferior derecha. Se observa una filtración por nitrato de plata muy leve en la interfase cemento-dentina. Los túbulos dentinarios se hallan ocupados por nitrato de plata de forma menos llamativa que en el grupo de acondicionamiento con ácido fosfórico.



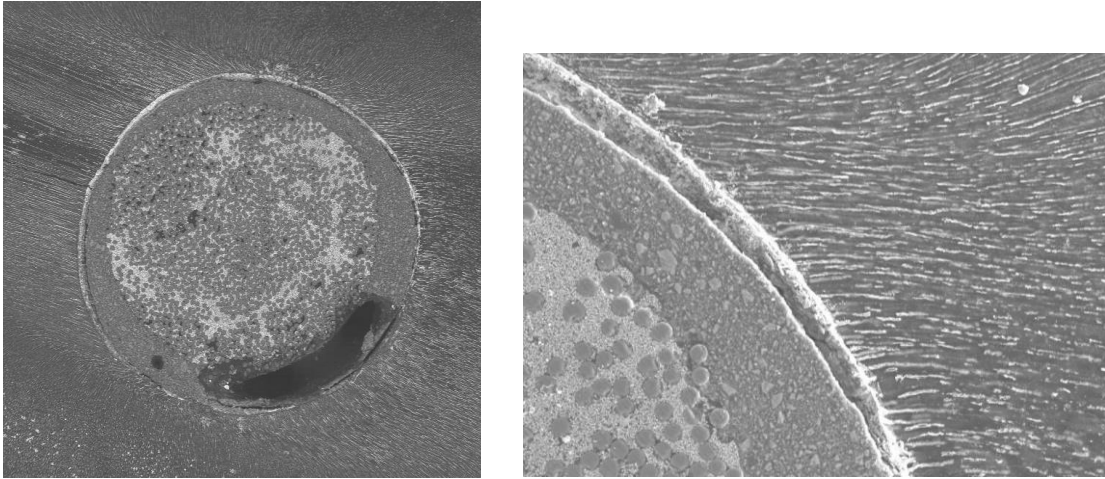
**Figura 16: A:** Corte Medio 1 perteneciente a G3 S1. **B:** Detalle de zona superior derecha a 250x. Apreciamos un espesor de cemento fino. La interfase cemento-dentina se encuentra en su totalidad filtrada por nitrato de plata en esta zona. En general, la distribución de fibras de vidrio en la matriz de resina es poco homogénea.



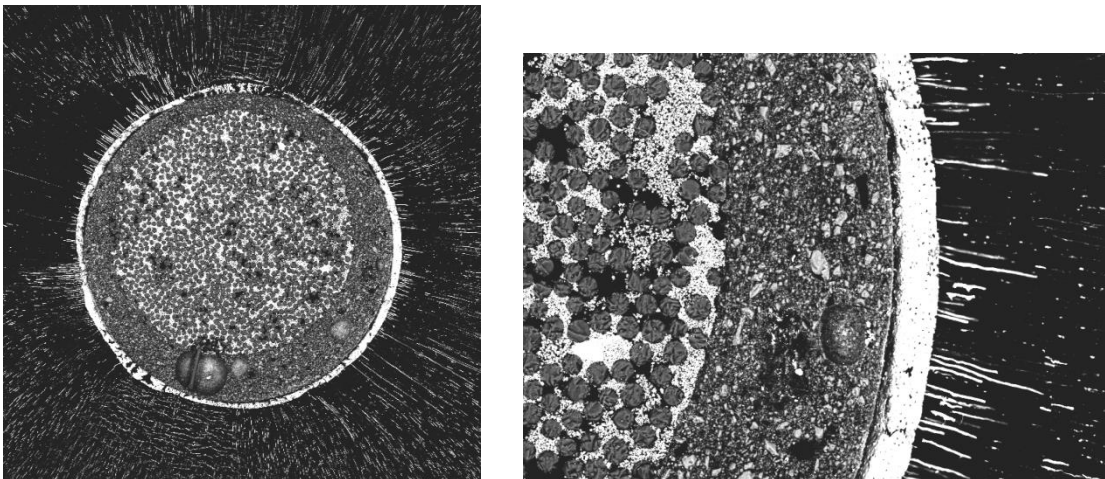
**Figura 17: A:** Corte Apical 2 perteneciente a G1 S2. **B:** Imagen de detalle de zona superior izquierda a 250x. Podemos observar un espesor de cemento elevado. En esta zona concreta se concentra la microfiltración por nitrato de plata, en la interfase entre el cemento y la dentina.



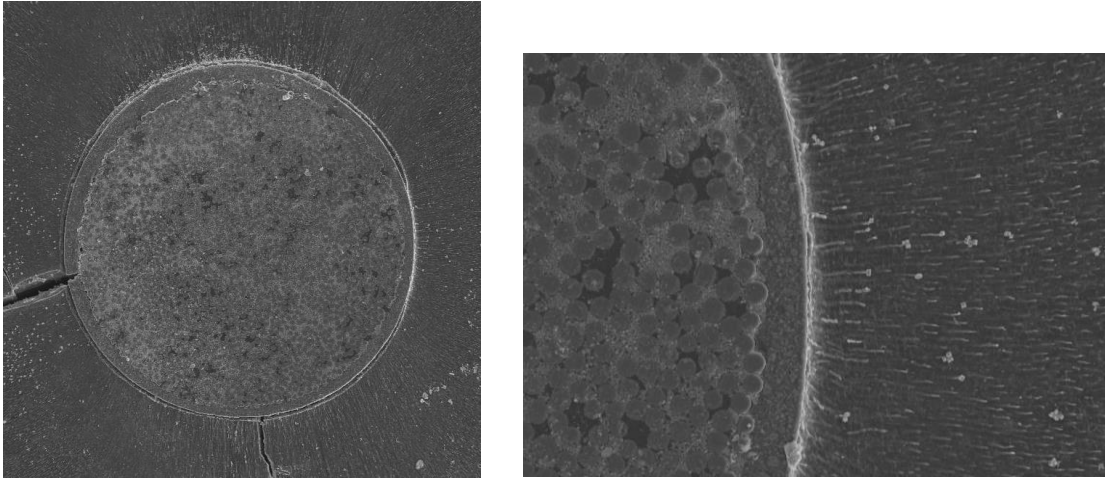
**Figura 18: A:** Corte Medio 1 perteneciente a G1 S2. **B:** Detalle de esquina inferior derecha a 250x. Podemos apreciar abundante deposición por nitrato de plata en una zona donde el conducto se convierte en ovalado y el cemento no alcanza a cubrirlo en su totalidad. Afecta únicamente a la interfase cemento-dentina, no a la interfase cemento-poste.



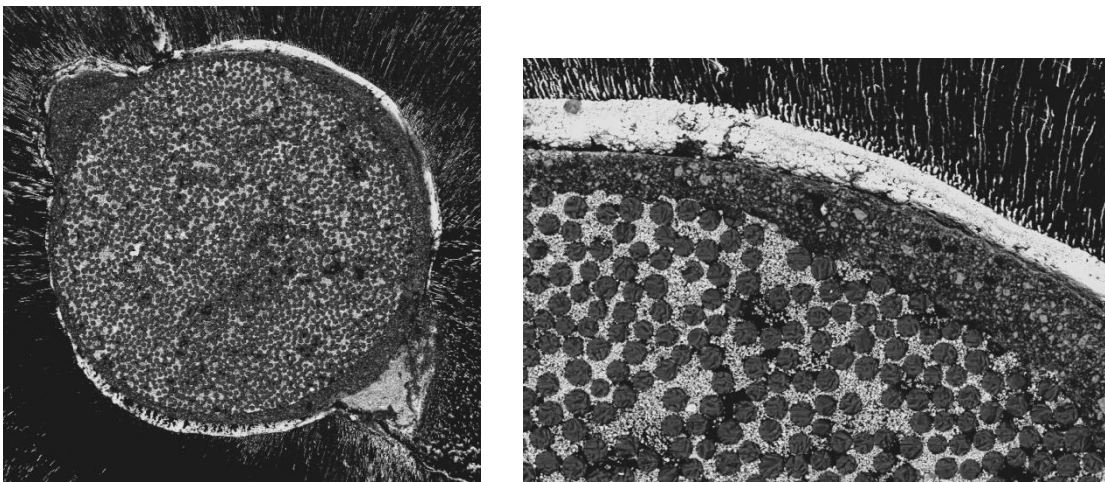
**Figura 19: A:** Corte Apical 2 perteneciente a G2 S2. **B:** Detalle de esquina superior derecha a 250x. El nitrato invade de nuevo de manera bastante uniforme y en mayor medida los túbulos dentinarios por el grabado previo del conducto con ácido ortofosfórico. También se aprecia en la interfase cemento-dentina debido a que el cemento no parece adaptar al conducto. Las fibras se distribuyen de manera poco homogénea en la matriz de resina.



**Figura 20: A:** Corte Apical 1 perteneciente a G2 S2. **B:** Detalle de zona derecha a 250x. El espesor de cemento es ancho. La filtración por nitrato de plata en la interfase cemento-dentina de esta zona en detalle es plena. Los túbulos no se encuentran prácticamente ocupados por nitrato, aunque se trata del grupo acondicionado con ácido fosfórico, probablemente porque se trata de la zona más apical de más difícil acceso.



**Figura 21:** A: Corte Medio 1 perteneciente a G3 S2. B: Detalle de zona derecha a 250x. Las fibras del poste se hallan distribuidas de manera más o menos ordenada en la matriz de resina. El espesor de cemento es muy fino y apreciamos deposición de nitrato de plata en la interfase entre el cemento y la dentina.



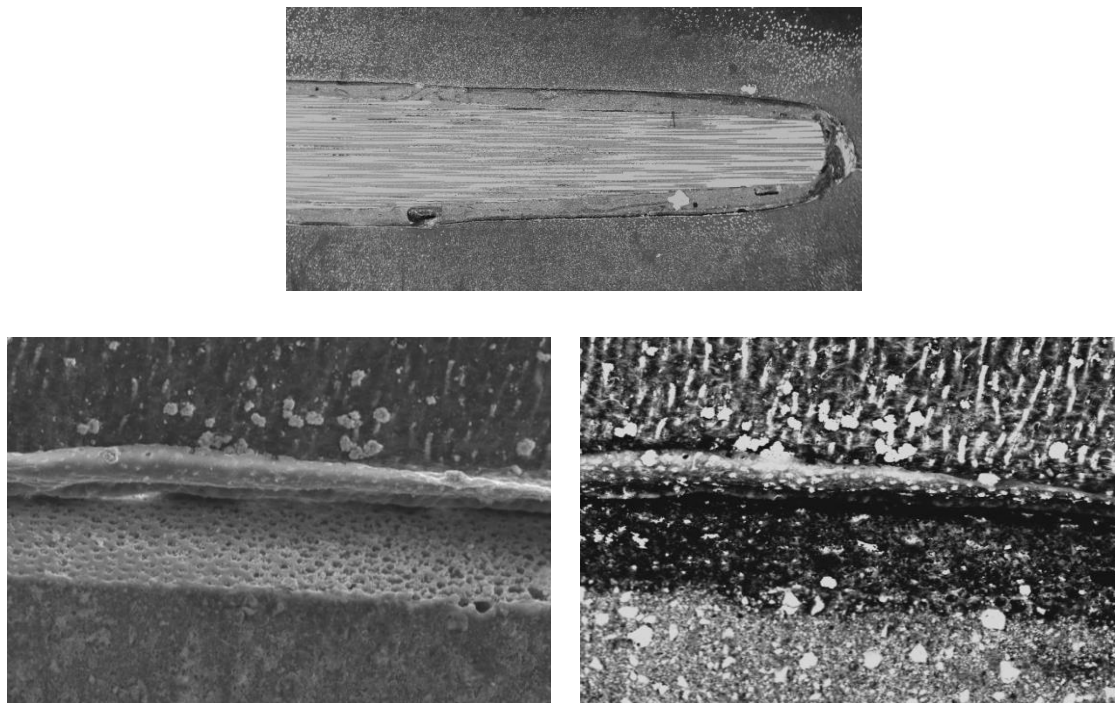
**Figura 22:** A: Corte Medio 2 perteneciente a G3 S2. B: Detalle de zona superior a 250x. El espesor de cemento varía a lo largo de la imagen y hay una deposición de nitrato de plata muy abundante en la interfase cemento-dentina.

Todas las imágenes obtenidas con MEB de los cortes longitudinales a 30x se muestran en el Anexo 2.

En general, en todas las imágenes podemos apreciar una íntima adaptación del poste al conducto radicular, sin soluciones de continuidad en la interfase cemento-poste y pocas alteraciones en la interfase cemento-dentina. El espesor de cemento es uniforme exceptuando en la zona más coronal, donde aumenta considerablemente. Los *tags* de resina de nuevo son más largos en las muestras cementadas con cemento convencional Rebuilda® DC. En el poste podemos apreciar en numerosos casos separación entre las fibras, que se observan como espacios donde penetra el nitrato de plata.

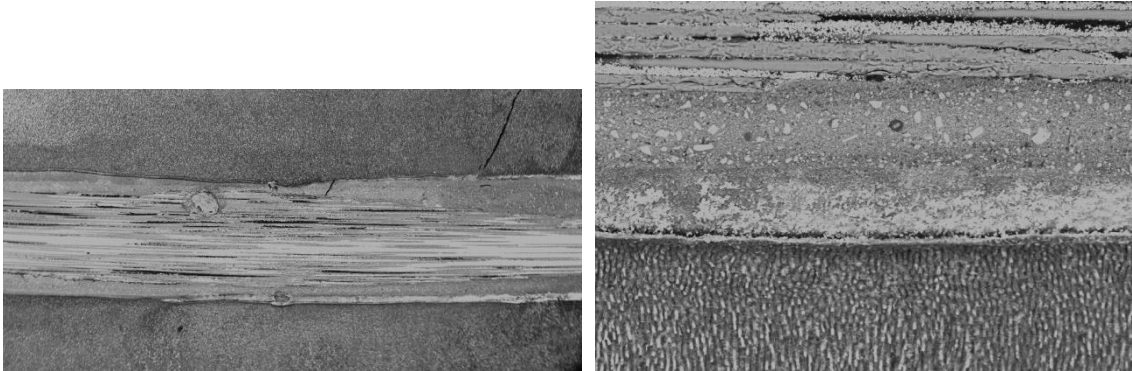
La microfiltración en general fue escasa, más llamativa en las zonas apicales de la mayoría de grupos y en las imágenes coronales de las muestras tratadas con el cemento autoadhesivo Bifix® SE, en la interfase dentina-cemento en todos los casos. En la interfase cemento-poste no hallamos presencia del marcador. Se aprecian *gaps* en el seno del cemento no valorables por no presentar colorante en su interior.

A continuación, se muestran algunas imágenes en detalle de cada uno de los grupos:

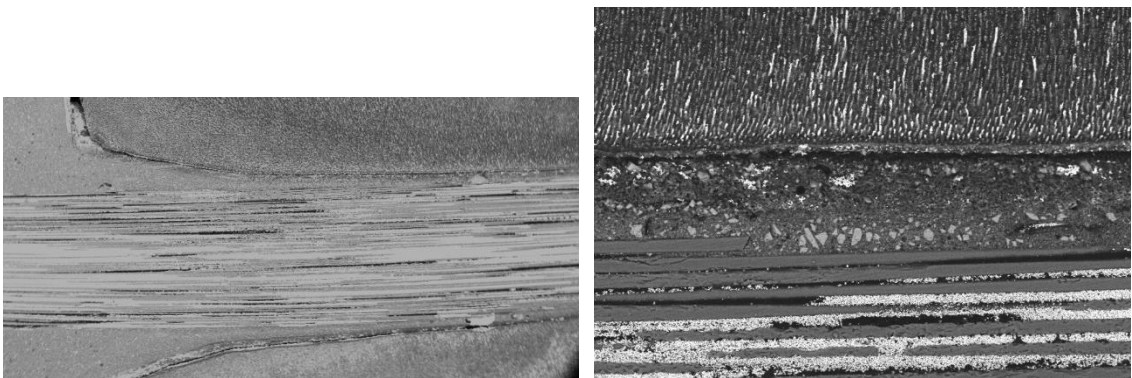


**Figura 23:** **A:** Corte longitudinal apical perteneciente a G1 S1. **B:** Detalle de zona superior a 500x con técnica de electrones secundarios. Se observa falta de adaptación

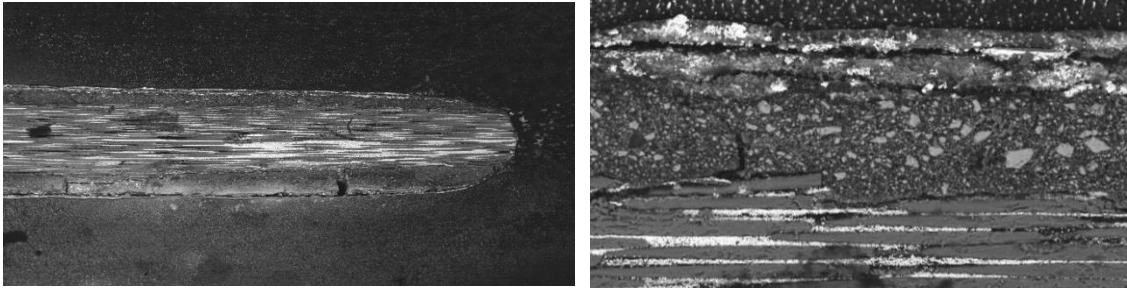
del cemento al conducto. Además, podemos apreciar la impronta de los túbulos dentinarios en el cemento. **C:** Misma zona con técnica de electrones retrodispersados. Observamos deposición de nitrato de plata en la interfase, no muy abundante y en la dentina del conducto, en los túbulos.



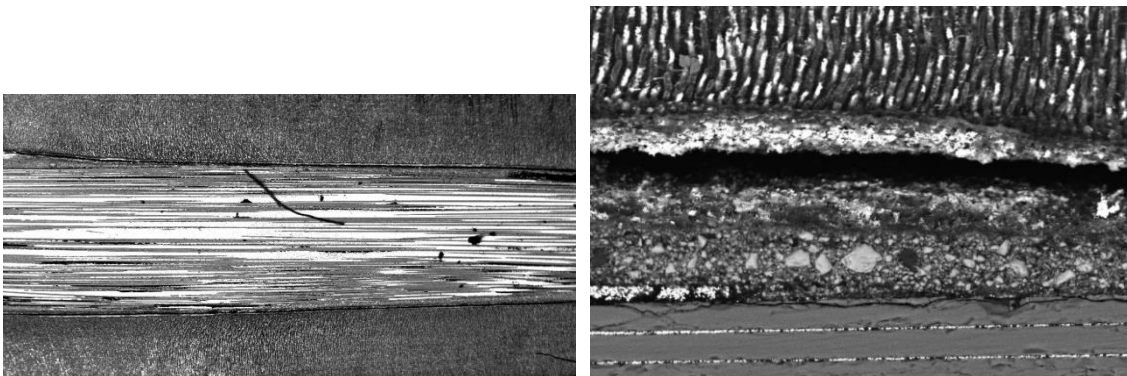
**Figura 24:** **A:** Corte longitudinal medio perteneciente a G2 S1 **B:** Detalle de zona inferior a 250x. Observamos una interfase cerrada. Los túbulos dentinarios se hallan ocupados por nitrato de plata de forma más llamativa debido al grabado ácido empleado como acondicionamiento. También presencia del marcador en la interfase cemento-dentina.



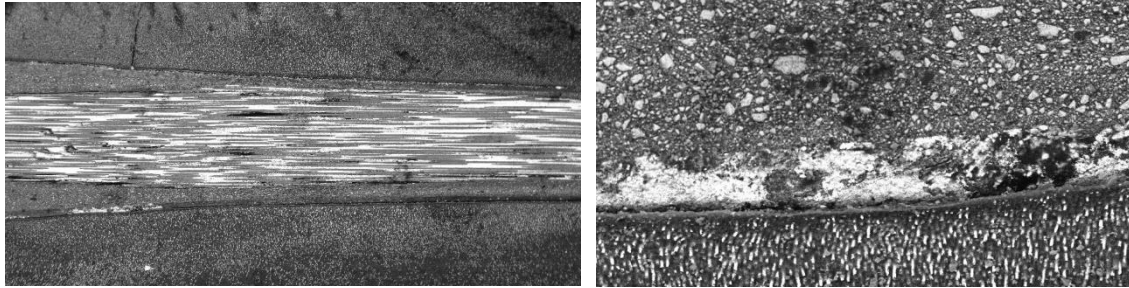
**Figura 25:** **A:** Corte longitudinal coronal perteneciente a G3 S1. **B:** Detalle de zona superior a 250x. Podemos apreciar el nitrato de plata inmerso entre las fibras de vidrio, lo que nos aporta la idea de que esos espacios se han creado previamente al tratamiento para MEB, durante el pulido de los dientes para crear las hemisecciones o como defectos de fabricación.



**Figura 26:** **A:** Corte longitudinal apical perteneciente a G1 S2. **B:** Detalle de zona superior a 250x. Observamos separación entre las fibras del poste donde ha filtrado el nitrato de plata. También se halla el colorante en la interfase cemento-dentina. Apreciamos además una separación cohesiva del cemento visible en forma de grieta pero no está ocupada por nitrato.



**Figura 27:** **A:** Corte longitudinal medio perteneciente a G2 S2. **B:** Detalle de zona superior izquierda a 500x. Se aprecia una grieta que separa la pared del conducto de la capa de cemento, sin nitrato de plata en su interior. Hay microfiltración en la interfase dentina-cemento y los túbulos dentinarios ocupados por nitrato debido al grabado ácido.



**Figura 28:** **A:** Corte longitudinal medio perteneciente a G3 S2. **B:** Detalle de zona inferior izquierda a 250x. Apreciamos un elevado espesor de cemento y bastante microfiltración por nitrato de plata distribuida en la interfase cemento-dentina. Los túbulos dentinarios se hallan ocupados por nitrato de forma menos llamativa que en el grupo acondicionado con ácido fosfórico.

#### 5.4 Resultados del análisis de microfiltración

La distribución de frecuencias y porcentajes en lo referente a la microfiltración en base a las diferentes variables (acondicionamiento, cemento y tercio radicular) se refleja en las siguientes Tablas 6, 7 y 8 y en los Gráficos 4, 5 y 6:

Tabla 6: Microfiltración según el tipo de acondicionamiento				
Microfiltración / Grupo	<25% n (%)	25 ≤ 50% n (%)	50 ≤ 75% n (%)	>75% n (%)
Sin acondicionamiento	1 (4,2%)	14 (58,3%)	9 (37,5%)	0 (0,0%)
Ácido ortofosfórico	1 (4,3%)	5 (21,7%)	10 (43,5%)	7 (30,4%)
EDTA	2 (8,3%)	9 (37,5%)	10 (41,7%)	3 (12,5%)

n: recuento; %: porcentaje dentro del tipo de acondicionamiento

<b>Tabla 7: Microfiltración según el tipo de cemento</b>				
<b>Microfiltración</b> <b>Subgrupo</b>	<b>&lt;25%</b> <b>n (%)</b>	<b>25 ≤ 50%</b> <b>n (%)</b>	<b>50 ≤ 75%</b> <b>n (%)</b>	<b>&gt;75%</b> <b>n (%)</b>
<b>Rebilda® DC</b>	3 (8,3%)	11 (30,6%)	17 (47,2%)	5 (13,9%)
<b>Bifix® SE</b>	1 (2,9%)	17 (48,6%)	12 (34,3%)	5 (14,3%)

n: recuento; %: porcentaje dentro del tipo de cemento

<b>Tabla 8: Microfiltración según el tercio radicular</b>				
<b>Microfiltración</b> <b>Tercio</b>	<b>&lt;25%</b> <b>n (%)</b>	<b>25 ≤ 50%</b> <b>n (%)</b>	<b>50 ≤ 75%</b> <b>n (%)</b>	<b>&gt;75%</b> <b>n (%)</b>
<b>Apical 1</b>	0 (0,0%)	5 (41,7%)	5 (41,7%)	2 (16,7%)
<b>Apical 2</b>	2 (16,7%)	2 (16,7%)	6 (50,0%)	2 (16,7%)
<b>Medio 1</b>	0 (0,0%)	4 (33,3%)	5 (41,7%)	3 (25,0%)
<b>Medio 2</b>	0 (0,0%)	5 (41,7%)	4 (33,3%)	3 (25,0%)
<b>Coronal 1</b>	1 (8,3%)	6 (50,0%)	5 (41,7%)	0 (0,0%)
<b>Coronal 2</b>	1 (9,1%)	6 (54,5%)	4 (36,4%)	0 (0,0%)

n: recuento; %: porcentaje dentro del tercio radicular

Si evaluamos el conjunto de muestras en las tres Tablas 6, 7 y 8, apreciamos que los valores de microfiltración más frecuentes son  $25 \leq 50\%$  o  $50 \leq 75\%$ . En lo referente a la Tabla 6, en el grupo sin acondicionamiento no encontramos ninguna muestra con microfiltración superior al 75%. Si valoramos la Tabla 8, donde se representa la microfiltración en los tercios radiculares, ninguna muestra del tercio coronal presenta tampoco una microfiltración  $>75\%$ .

Debemos tener en cuenta que en este estudio de microfiltración, se perdió una muestra perteneciente al grupo de acondicionamiento con ácido fosfórico, subgrupo de cemento Bifix® SE. Su visualización correcta con MEB no fue posible por estar recubierta de una capa muy fina del cemento del muñón que no se pudo advertir durante la preparación previa de las muestras. Además, las muestras pertenecientes al grupo de acondicionamiento con EDTA, subgrupo de cemento Bifix® SE

estadísticamente se evaluaron cuantificando únicamente la mitad visible de las mismas, la otra mitad se encontraba cubierta por deposición de materiales que actúan como artefactos.

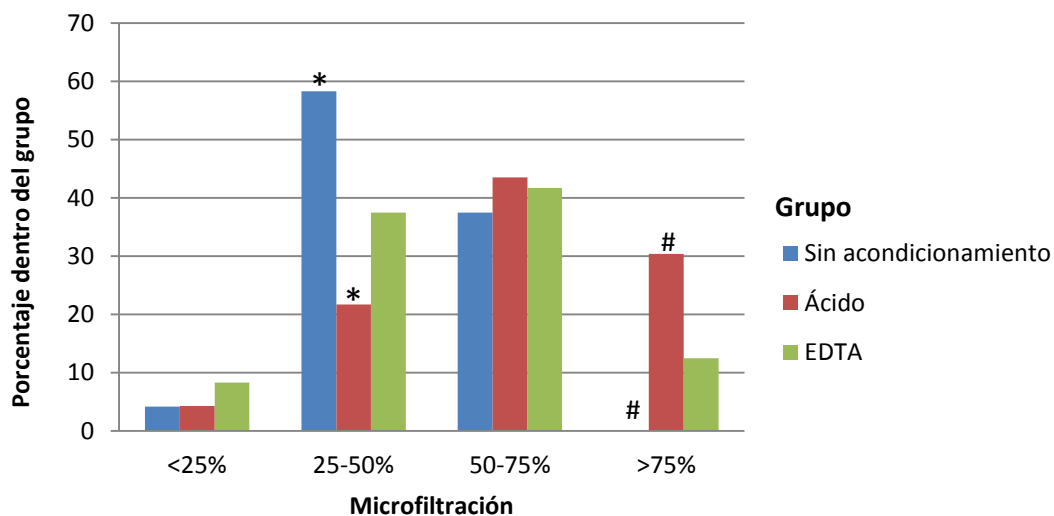
Tras realizar las pruebas de Chi-cuadrado pudimos observar:

Se apreciaron diferencias significativas ( $p=0.033$ ) en la microfiltración entre los tres tipos de acondicionamiento de la dentina con un 95% de confianza. Mediante la Corrección de Bonferroni, detectamos que los grupos sin acondicionamiento y acondicionamiento con ácido fosfórico difieren en la proporción de muestras que presentan tanto microfiltración entre 25-50%, que es mayor en el grupo sin acondicionamiento, como microfiltración >75%, en cuyo caso es menor en el grupo sin acondicionamiento (Gráfico 4).

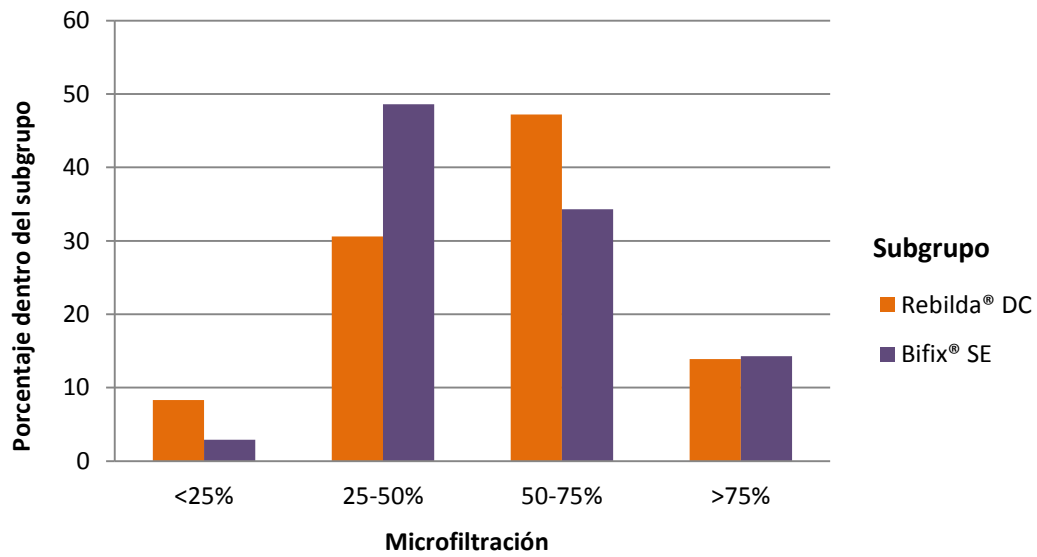
No se encontraron diferencias significativas ( $p=0,379$ ) en cuanto a la microfiltración entre los cementos de resina convencional Rebilda® DC y autoadhesivo Bifix® SE al 95% de confianza (Gráfico 5).

Tampoco se encontraron diferencias significativas ( $p=0,556$ ) en la microfiltración entre los diferentes tercios radiculares al 95% de confianza (Gráfico 6).

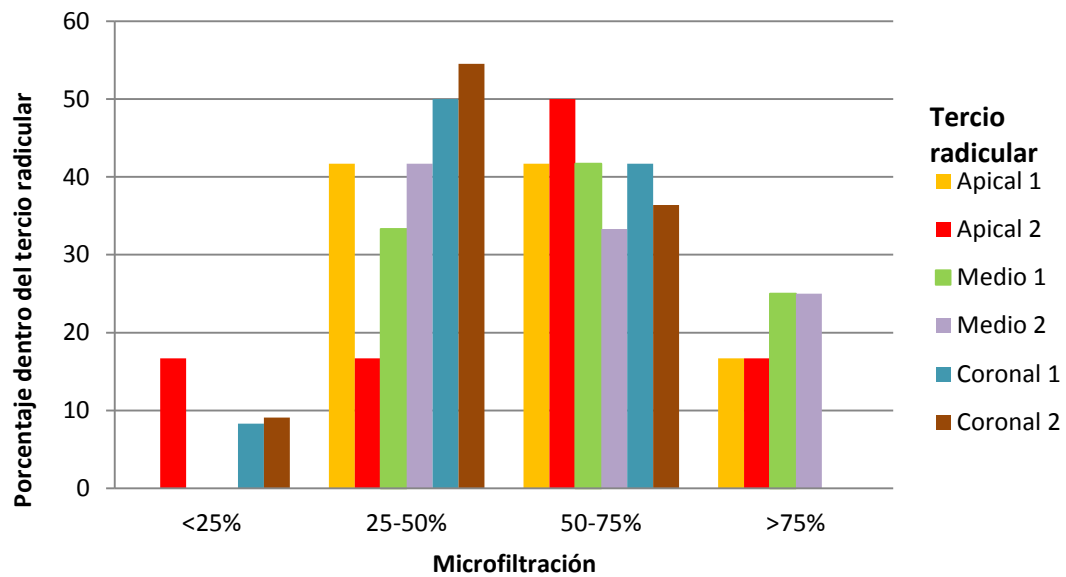
**Gráfico 4.** Porcentaje de aparición de microfiltración dentro de cada grupo de acondicionamiento de la dentina.



**Gráfico 5.** Porcentaje de aparición de microfiltración dentro de cada subgrupo de cemento de resina.



**Gráfico 6.** Porcentaje de aparición de microfiltración dentro de cada tercio radicular.



# 6. DISCUSIÓN

## 6. DISCUSIÓN

En el presente estudio se evalúa mediante pruebas mecánicas la fuerza de adhesión de la interfase adhesiva producida durante el cementado de postes de fibra de vidrio y, mediante microscopía electrónica de barrido, el análisis morfológico y de microfiltración de dicha interfase. Se trata de un estudio *in vitro* y eso nos plantea la dificultad de extrapolar los resultados a la práctica clínica. Aún no existe una correlación clara entre los estudios de laboratorio y los hallazgos clínicos y, además, hay diferentes opiniones de los autores al respecto. También es complejo comparar los distintos estudios entre sí por la variabilidad de metodologías empleadas y resultados obtenidos, que nos lleva a no poder aceptar un modelo como válido, por ello, continuamente se estudian numerosas variables diferentes en lo relativo al cementado de postes de fibra<sup>59</sup>.

En este estudio, en concreto, se analizan las variables acondicionamiento de la dentina y tipo de cemento de resina. El acondicionamiento se emplea de tres formas diferentes: sin acondicionamiento, acondicionamiento con ácido ortofosfórico 37% y acondicionamiento con EDTA 0,1M. Nos parecía interesante evaluar estos métodos de acondicionamiento porque, aunque su acción sobre la dentina ya se conoce, su aplicación en el conducto radicular previa al cementado de postes de fibra para remover el barrillo dentinario muestra resultados muy variables en los diferentes estudios<sup>1, 58</sup>. En lo referente al tipo de cemento utilizado distinguimos un cemento autoadhesivo, muy utilizados en la actualidad por su sencillo manejo al constar de un único paso clínico<sup>67</sup>, frente a un adhesivo universal combinado con una resina convencional para muñones de polimerización dual. La utilización del mismo material como cemento y para elaborar el muñón de la restauración también es una tendencia actual que busca la simplificación de la técnica<sup>16</sup>.

Se consideró adecuado un tamaño muestral de 90 dientes, de los cuales 72 iban destinados a un ensayo mecánico y posterior análisis del modo de fracaso de la interfase mediante un estereomicroscopio, y los 18 restantes al análisis morfológico y de microfiltración. Decidimos escoger ese número siguiendo la guía aproximada de

tamaño muestral de otros autores en sus estudios, como Katalinic, Elnaghy, Marchesi y Fan<sup>1, 40, 52, 68</sup>.

Se utilizaron dientes unirradiculares humanos, ya que presentan generalmente un único conducto radicular y raíces habitualmente rectas. La mayoría de autores revisados empleaban dientes humanos, exceptuando algunos como Leme, Araújo, Cecchin, Daleprane o Machado que usaban dientes bovinos<sup>37, 42, 69, 70, 71, 72</sup>. En ocasiones se utilizan dientes bovinos o de otros animales, con valores lo más similares posible a los dientes humanos, por falta de disponibilidad. El número de túbulos dentinarios es mayor en la dentina de los dientes bovinos que en la humana, y la resistencia adhesiva parece ser menor en dientes bovinos. Siempre que sea posible, para lograr una mayor aproximación a la realidad clínica emplear dientes humanos<sup>60, 61, 71</sup>. En lo referente al conducto, los dientes unirradiculares pueden tener una sección circular con lo que se logra una mejor adaptación del poste de fibra prefabricado, pero también pueden presentar una sección más ovalada en los que la adaptación del poste sería peor y su cementado menos predecible. Este hecho puede haber influido en los resultados obtenidos en este estudio, ya que se utilizaron tanto incisivos y caninos superiores que suelen tener un conducto circular, como premolares inferiores entre los que hay mayor presencia de conductos ovalados.

Como medio de almacenamiento para los dientes se empleó suero salino (NaCl 0.9%) a temperatura ambiente. Este medio es utilizado únicamente por algunos autores como Samimi y Park<sup>38, 73</sup>. En general, difiere de otros estudios siendo las soluciones más utilizadas la cloramina, por autores como Ekambaram o Kermanshah<sup>4, 31</sup> y el agua destilada por autores como Gomes o Cuadros-Sánchez<sup>5, 22</sup>. Algunos como Baena o Rocha emplean solución de timol<sup>10, 74</sup>. Pensamos que el suero fisiológico es un medio que los mantiene en condiciones similares a la cavidad oral en comparación con otros productos químicos. En ninguno de los estudios el tiempo de almacenamiento de los dientes era superior a 6 meses, ya que podrían sufrir degeneración de las proteínas y no deben utilizarse<sup>60, 61</sup>. Se pueden emplear para el almacenamiento agua destilada, solución salina, solución de timol, cloramina, glutaraldehído o formalina<sup>60</sup>.

Durante la preparación de los especímenes, a lo largo de la instrumentación del conducto en la endodoncia se utilizó como irrigante hipoclorito de sodio al 5% y EDTA en gel al 15%. Son necesarios durante la instrumentación para la limpieza y desinfección del conducto, lo que facilita la penetración posterior en los túbulos de los materiales adhesivos<sup>1, 9</sup>. No debemos olvidar que el hipoclorito es un agente oxidante y que la capa de oxígeno que es capaz de crear en la superficie de la dentina puede alterar la polimerización y aumentar la microfiltración. Esto podría afectar a la unión y la duración de la restauración<sup>1, 47</sup>. Algunos autores también afirman que el EDTA disminuye la fuerza de los adhesivos<sup>1</sup>. Sin embargo, existe controversia entre los diferentes estudios respecto a la utilización de estos agentes mencionados, reportando tanto fuerzas de unión positivas a la dentina como negativas<sup>1, 9, 47, 48</sup>. En el estudio de Mao et al se comparan mediante observación con MEB diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio con y sin EDTA y encuentran que la combinación de ambos muestra ausencia de barrillo y residuos, con túbulos dentinarios visibles, incluso en la zona apical<sup>9</sup>.

Para la obturación del conducto radicular, se empleó un cemento sellador libre de eugenol. El eugenol, como todos los fenoles, puede inhibir la polimerización de las resinas<sup>75, 76</sup>. En los estudios de AlDwairi y de Özcan, la resistencia adhesiva *push-out* de los postes se vio afectada significativamente por los selladores de endodoncia con base eugenol<sup>75, 77</sup>. Algunos autores referían que también afectaba la resistencia *pull-out*<sup>54</sup>. Un metaanálisis de Altmann confirmó que, aunque no hay un consenso entre todos los autores, el análisis global de varios estudios mostró influencia significativa del eugenol en la resistencia adhesiva<sup>76</sup>.

En lo referente al pretratamiento del poste, se aplicó sobre su superficie alcohol y después silano, siguiendo la tendencia habitual de la mayoría de los autores<sup>1, 4, 19, 37</sup>. La silanización se ha descrito como un pretratamiento importante para aumentar la resistencia de unión de los cementos de resina<sup>3, 37</sup>. El silano reacciona de forma dual, ya que la parte funcional orgánica (vinil, alil, amino, e isocianato) puede unirse mediante enlaces covalentes con la matriz orgánica de los cementos, mientras que los grupos alcoxi (metoxi y etoxi) reaccionan con un sustrato inorgánico, como el sílice de las fibras de vidrio del poste<sup>39</sup>. Se consigue de esta manera mejorar las características

de humectabilidad de superficie del poste<sup>21, 38, 39</sup> sin alterar su microestructura, logrando la conexión entre dos materiales diferentes y aumentando la resistencia adhesiva de la interfase<sup>39</sup>. Pero su eficacia no está del todo clara, como demuestran algunos estudios al no encontrar diferencias en la resistencia adhesiva de los postes de fibra entre la aplicación o no de silano sobre la superficie de los mismos<sup>21, 38, 40</sup>. Sin embargo, en ninguno de los estudios revisados se apreció un efecto negativo del mismo, por lo que en esta investigación se decidió emplearlo.

Previamente a la aplicación del adhesivo y al cementado, en todos los especímenes se aplicó también CHX 2% sobre el lecho preparado para acoger al poste. La aplicación de los adhesivos ha demostrado desencadenar actividades colagenolíticas en la dentina, mediadas por metaloproteinasas (MMPs) endógenas que se activan por la acidez residual, especialmente en el caso de los adhesivos autograbantes<sup>43</sup>. Para paliar esta acción se puede emplear la CHX, un potente antiséptico con una actividad antimicrobiana de amplio espectro y bajo grado de toxicidad, además inhibidor no específico de las MMPs. Con ello, se consigue evitar la pérdida de resistencia del enlace con el tiempo y preservar la integridad de la capa híbrida<sup>3, 43</sup>. Además, está demostrado que no afecta negativamente a la adhesión<sup>43</sup>.

Como se ha mencionado previamente, en este estudio se decidió comparar tres métodos de acondicionamiento de la dentina radicular, no empleando ningún acondicionamiento previo al cementado, acondicionamiento con ácido fosfórico 37% o acondicionamiento con EDTA 0.1M. Algunos autores han afirmado que se consigue una mejor adhesión al grabar la dentina con EDTA antes de los sistemas autograbantes<sup>24</sup>.

Para el cementado de los postes se utilizó, por un lado, el adhesivo universal Futurabond® M+ junto con su activador de la polimerización dual Futurabond® M+ DCA (VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemania), en combinación con la resina de baja viscosidad para muñones de polimerización dual Rebuilda® DC (VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemania), que actuaba a la vez como cemento de resina y como material para reconstrucción del muñón. Por otro lado, en contraste, se empleó el cemento autoadhesivo de polimerización dual Bifix® SE (VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemania).

Los materiales que se usaron en este estudio en cada uno de los grupos son todos del mismo fabricante para evitar incompatibilidades químicas entre ellos<sup>46</sup>.

Los cementos de resina utilizados para el cementado de los postes de fibra se pueden clasificar por el modo de polimerización en función de si se activa por luz, de forma química, o dual<sup>7, 18</sup>. Los cementos duales son la mejor opción para estos casos ya que la luz no llega al tercio apical por sí misma y con los químicos el tiempo de trabajo puede ser crítico<sup>7</sup>. En este estudio, para la polimerización de los cementos duales que se utilizaron se siguió el protocolo descrito por los fabricantes, con una espera de 3 o 4 minutos para la fase de autopolimerización y, posteriormente, se llevó a cabo la fotopolimerización. La cinética de polimerización que tiene lugar con las resinas en modo autopolimerizable prolonga la fase de gel de la resina porque reduce el estrés final de contracción, mejorando el enlace. La combinación de ambas fases asegura que la conversión de los monómeros sea completa, ya que la polimerización química permite además conversiones de monómero aceptables en ausencia de luz, lo cual es necesario especialmente en la región apical<sup>69</sup> y la luz es necesaria para culminar la reacción, alcanzando una mayor conversión<sup>71</sup>. Esto es muy importante para generar una buena unión a la dentina, ya que una incompleta polimerización de los cementos contribuye a unas malas propiedades físicas y un comportamiento clínico pobre<sup>51</sup>.

La nueva generación de adhesivos, denominados universales o multi-modo, son capaces de unir a múltiples materiales de restauración. Contienen grupos fosfato activos, como el MDP, que es una molécula de estructura anfifílica, con un grupo vinilo como parte hidrófoba y un grupo fosfato como parte hidrófila. El grupo vinilo puede copolimerizar con los monómeros de resina de los materiales a base de resina<sup>56</sup>. Generalmente, son sistemas autograbantes de un paso que según los fabricantes pueden aplicarse indistintamente mediante una técnica de grabado total con ácido fosfórico o una técnica de autograbado<sup>13, 49</sup>. La cuestión sigue siendo si estos adhesivos pueden funcionar igual de bien con cualquiera de las dos estrategias. En la revisión realizada por da Rosa et al, se concluyó que a pesar de la heterogeneidad de los estudios, la literatura *in vitro* sugiere que el acondicionamiento con ácido previo a los adhesivos universales mejora la resistencia adhesiva al esmalte pero no a la dentina<sup>49</sup>. Según esto, podríamos esperar que para el cementado de postes funcionara mejor la

técnica de autograbado sobre la dentina radicular, sin embargo, también hay que tener en cuenta que los adhesivos universales actuales son adhesivos simplificados. Los adhesivos autograbantes simplificados deben contener agua, necesaria para la ionización de los monómeros ácidos hidrofílicos. La hidrofilia de estos adhesivos los hace comportarse como membranas semipermeables, permitiendo el paso de fluidos a través de la interfase cemento-dentina, lo que lleva a su degradación. De hecho, los adhesivos universales han mostrado signos de degradación después de 12 meses de almacenamiento en agua independientemente de la técnica adhesiva empleada. Probablemente experimentarán el mismo patrón de degradación observado en los adhesivos simplificados convencionales<sup>12</sup>. Los adhesivos autograbantes además requieren la eliminación del agua que llevan como solvente, y esto es difícil de conseguir en el interior del conducto, en comparación con los adhesivos de grabado total que al llevar etanol o acetona, más volátiles, permiten una mejor evaporación del solvente. Además, existe otro problema de estos adhesivos con la persistencia de acidez residual en las resinas ácidas de los autograbantes, lo que puede activar las MMPs y dificultar la polimerización de los cementos duales<sup>12</sup>.

Con todo lo citado anteriormente, aún no se ha determinado el mejor protocolo para el uso de estos adhesivos universales debido a la escasa evidencia clínica disponible y los breves períodos de seguimiento que se han evaluado. Además, los estudios basados en su aplicación para el cementado de postes de fibra son muy escasos<sup>13, 49</sup>.

Como se ha descrito previamente, en nuestro estudio se combinó un adhesivo universal con un cemento convencional y se contrastó con un cemento autoadhesivo, que no precisa de grabado previo. Por ello, se decidió emplear un ácido fuerte como el ácido fosfórico o usar un ácido débil como el EDTA como acondicionamientos, frente a no utilizar ningún acondicionamiento de la dentina, para comprobar qué enfoque adhesivo en su conjunto funcionaba mejor.

Para alcanzar nuestro objetivo de evaluar la interfase adhesiva se llevaron a cabo pruebas mecánicas, y análisis morfológico y ultraestructural.

Los ensayos mecánicos más populares en la bibliografía consultada son el test de tracción o *pull-out* y el de compresión o *push-out*<sup>62</sup>. Goracci et al mostraron que las técnicas de microtensión utilizadas para compensar las limitaciones de los ensayos de

tracción y cizallamiento convencionales han fracasado, debido a problemas como los fracasos prematuros y la variabilidad de datos<sup>78</sup>.

Los investigadores que defienden el uso del método de tracción o *pull-out* se basan en que el descementado es la forma más frecuente de fracaso de los postes de fibra y la carga axial se considera predominante en estas restauraciones<sup>62, 79</sup>. Este test implica tirar de forma paralela al eje vertical del diente para determinar la resistencia contra la fuerza de cizalla y/o tracción a lo largo de todo el poste<sup>62, 80</sup>. Medir a lo largo de todo el conducto parece simular un escenario clínico más realista que utilizar segmentos radiculares<sup>78, 80</sup>. Además, pueden introducirse algunos defectos o artefactos en la interfase adhesiva durante la sección de los cortes para el test de *push-out*, lo que afectará a la resistencia adhesiva de los postes de fibra<sup>62, 78</sup>. Sin embargo, la necesidad de un elevado número de postes aumenta el coste y reduce la popularidad de los test de *pull-out*<sup>24</sup>.

El test de compresión o *push-out* es empleado por numerosos autores como Baena, Fan, Migliau o Park<sup>10, 68, 73, 81</sup>. Se considera adecuado para el estudio de la interfase adhesiva de los postes de fibra por las numerosas ventajas que presenta. La retención del poste dentro del lecho radicular depende del grado y estabilidad del entrecruzamiento micromecánico de la interfase, de la adhesión química y la fuerza friccional aplicada, lo que puede reflejarse en un test de *push-out*<sup>39</sup>.

Este tipo de ensayo mecánico produce una fuerza de cizalla en la interfase entre la dentina y el cemento, así como entre el poste y el cemento, y es comparable con el estrés bajo condiciones clínicas<sup>39, 82, 83</sup>. Es el test que proporciona mayor fiabilidad y es más reproducible<sup>24, 31, 68, 73</sup>. Permite obtener mayor número de muestras de cada raíz y la distribución de estrés es más homogénea en cada una de ellas, lo cual se ha demostrado mediante análisis de elementos finitos<sup>47</sup>. De esta manera, nos permite medir diferencias regionales. Además, resulta en pocos fallos prematuros<sup>47, 78, 84</sup>.

Si comparamos el test *push-out* con el test de microtensión, el primero presenta numerosas ventajas<sup>40, 85</sup>. La distribución de estrés en las muestras es más homogénea, lo que resulta en menor número de fracasos prematuros y variabilidad de datos más aceptable. Además, permite hacer muestras pequeñas y evaluar la resistencia adhesiva a diferentes profundidades, y es más fiable y reproducible<sup>24, 84, 85, 86</sup>.

Para realizar el ensayo de *push-out* hay que tener en cuenta que el puntero conectado al dispositivo de la máquina universal de ensayos debe estar centrado respecto al poste, ya que si la fuerza no está completamente centrada, la fricción con las paredes del conducto puede aumentar. Por esta razón el diámetro del pin es más pequeño que el del poste<sup>31, 82</sup>.

Los distintos autores han recomendado diferentes espesores de rodaja (de 4mm a 1mm) para este ensayo<sup>9, 82</sup>. El uso de discos gruesos parece aumentar el área de fricción y generar una sobrestimación de la resistencia adhesiva<sup>82</sup>. Sin embargo, la influencia del espesor del espécimen sobre los resultados del ensayo no parece haber sido especialmente investigada<sup>9</sup>. En este estudio se estimó que un grosor aproximado de 1,6 mm era adecuado para distribuir el estrés de forma homogénea y evitar fracasos prematuros.

Goracci et al modificaron el test tradicional de *push-out*, y lo denominaron test de “corte fino” con lo que se convirtió en test de resistencia adhesiva *micropush-out*. En este último de cada raíz se pueden obtener 6-8 muestras y la distribución de estrés es más homogénea en cada una de ellas al presentar menor espesor<sup>39</sup>. Según la bibliografía consultada el test de *micropush-out* se considera un método válido para analizar las fuerzas de adhesión de los postes de fibra a la dentina del conducto radicular<sup>17</sup>. Por ello, y en base a todo lo expuesto anteriormente, esta prueba mecánica fue la seleccionada en este estudio para evaluar las interfases adhesivas.

Para este test se decidió emplear tres secciones de cada raíz, que representaban cada uno de los tercios del lecho (coronal, medio y apical) para averiguar si puede haber influencia de la región sobre la fuerza de adhesión.

Por otro lado, al realizar este ensayo mecánico es importante la fijación de los discos, que se obtienen al seccionar la raíz, en la base del dispositivo de la máquina universal de ensayos mecánicos. Algunos autores empleaban cianoacrilato para tal fin<sup>10, 87</sup>. En este estudio, sin embargo, se utilizó cinta adhesiva de doble cara ya que en los ensayos de prueba previos las muestras se fracturaban al usar cianoacrilato, por ello se descartó esta forma de fijación.

La máquina de ensayos mecánicos se encontraba conectada a un ordenador durante todo el ensayo, donde se recogían los datos relativos a la carga de fracaso de cada muestra y automáticamente se representaba una gráfica con los valores que la máquina iba registrando. Cuando el pin entraba en contacto con el poste la gráfica experimentaba un ascenso paulatino hasta alcanzar el límite de fuerza ejercida, momento en el que descendía bruscamente y que se interpretaba como rotura o fracaso, manifestado por la extrusión parcial o total del poste.

Los tipos de rotura producidos tras el test *micropush-out* se analizaron con el estereomicroscopio, se tomaron fotos de cada muestra con la cámara acoplada en el mismo, y se clasificaron en 6 tipos atendiendo a si el fracaso era de tipo adhesivo, mixto o cohesivo. Este proceso seguía la línea de otros autores como Machado y colaboradores<sup>42</sup>. Este tipo de estudio, complementario a las pruebas mecánicas, es muy útil porque nos permite evaluar el patrón de fractura que se ha producido y determinar de esa manera cual es la interfase más débil del conjunto poste-cemento-dentina<sup>61</sup>.

La técnica utilizada para realizar una evaluación morfológica de la interfase es la microscopía electrónica de barrido. El MEB nos permite observar las características estructurales de los postes y la interfase en su totalidad evitando una preparación muy compleja de la muestra como en microscopía electrónica de transmisión<sup>6, 57</sup>. Además, con la misma técnica se realiza también un análisis de microfiltración de la interfase. Para observar las muestras mediante MEB es necesaria la desecación previa de las mismas con la que aparecen grietas y huecos por la retirada de la humedad. Además, pueden aparecer artefactos durante todo el proceso de preparación. Para obviar este problema surgieron las técnicas de filtración con contraste previamente a la observación con el microscopio<sup>35</sup>. Por ello, en este estudio de microfiltración se empleó un método que consiste en aplicar sobre las muestras un marcador a base de una solución amoniacal de nitrato de plata descrita por Tay y Pashley en 2002<sup>64</sup>. Es un método muy útil para observar la unión o evaluar la microfiltración por su sencillez<sup>57, 59</sup>. El nitrato de plata es capaz de ocupar los espacios nanométricos alrededor de las fibrillas de colágeno desnudas, en donde la resina no logró infiltrar o donde el agua residual no ha sido desplazada por el adhesivo o áreas de conversión incompleta del

monómero<sup>5</sup>. Nos permite diferenciar los *gaps* y artefactos de la interfase causados por la presión de vacío de la cámara de MEB, que aparecen sin nitrato, de los producidos realmente por alteración de la interfase, que se observan filtrados por nitrato<sup>20, 35</sup>. Este método es empleado por numerosos autores como Ferrari, Cuadros-Sánchez, Cantoro, Marchesi o Mobarak<sup>16, 22, 35, 52, 57</sup>. No obstante, hemos tener en cuenta que el análisis del fenómeno de microfiltración puede verse comprometido por las limitaciones del MEB y por sesgos en el operador, tanto en su campo de visión como en la evaluación e interpretación que realiza de lo observado. El patrón de microfiltración depende de la dirección, posición e inclinación del campo de visión<sup>63</sup>. También debemos mencionar que algunas imágenes se realizaron con el método de electrones secundarios y la mayoría con el método de electrones retrodispersados. En general, se observa con mayor facilidad el nitrato de plata con el método de retrodispersión, sin embargo, con el método de electrones secundarios podemos observar mejor algunos detalles, tales como improntas del cemento en la dentina y los túbulos dentinarios.

Posteriormente, empleamos grafito para el recubrimiento de las muestras previamente a la observación mediante MEB, ya que es un buen conductor como los metales, más económico y permite visualizar el nitrato de plata con mayor intensidad en contraste con el oro, con el que realizamos unas pruebas previamente. Este método es también empleado por Ekambaram en su estudio<sup>4</sup>. El recubrimiento varía mucho entre los diferentes autores. Suele utilizarse oro, como en los estudios de Mao, Sridhara, Chen o Menezes<sup>9, 20, 21, 36</sup>. Son también muy usadas las aleaciones, como en los estudios de Katalinic o Scotti con aleación de oro-paladio<sup>1, 23</sup>. Empleando MEB se puede utilizar un modo de vacío bajo que no requiere recubrimiento de oro-paladio<sup>57</sup>.

La cuantificación de la microfiltración se realizó según el modelo de Saboia y colaboradores (2008) basado en porcentajes<sup>66</sup>. Esta forma es compartida también por otros estudios como los de Ekambaram, Ferrari, Cantoro, Marchesi<sup>4, 16, 35, 52</sup>.

Utilizamos para los cálculos el mismo método que Watzke y colaboradores (2011) en su estudio, que miden la dimensión de cada imperfección en la interfase de cemento y el diámetro del poste para calcular el porcentaje de zonas no homogéneas de la interfase. El porcentaje se obtiene del cálculo siguiente: (longitud de las imperfecciones / longitud del poste) x 100<sup>88</sup>.

En los estudios *in vitro* evaluados se han empleado diferentes mecanismos de envejecimiento artificial para simular las condiciones clínicas con el paso del tiempo<sup>52, 62, 89</sup>. Aunque en algunas investigaciones el envejecimiento de las muestras ha influido sobre la fuerza adhesiva<sup>52, 62, 89</sup>; en general, se ha advertido que cada estudio utiliza su propio protocolo de envejecimiento y los resultados no parecen estar influidos por él<sup>17, 90</sup>. Por ello, en este estudio no se realizó envejecimiento artificial de las muestras mediante termociclado, carga cíclica o almacenamiento en agua a largo plazo.

A la vista de los resultados obtenidos en este estudio, podemos afirmar que la primera  $H_0$  quedó parcialmente rechazada. Se observaron diferencias significativas en el sellado de la interfase entre los acondicionamientos de la dentina empleados. La segunda  $H_0$  propuesta para este estudio también quedó parcialmente rechazada. Se encontraron diferencias significativas en lo referente a la fuerza de adhesión alcanzada entre ambos cementos utilizados, principalmente en los tercios apical y medio y para los grupos en los que se empleó algún acondicionamiento. La fuerza fue mayor para el cemento autoadhesivo que para el cemento convencional junto con un adhesivo universal. Además, en un análisis global el grupo sin acondicionamiento junto con un cemento autograbante mostró una resistencia adhesiva significativamente mayor que el grupo de acondicionamiento con ácido fosfórico y cemento convencional.

En lo referente a las pruebas mecánicas de *micropush-out*, podemos afirmar que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la fuerza de adhesión en función de los métodos de acondicionamiento de la dentina utilizados. Este hecho podría explicarse porque nuestro cemento autoadhesivo Bifix® SE y el adhesivo universal Futurabond® M+ ya contienen monómeros ácidos para grabar la dentina e infiltrarla simultáneamente, con lo que un grabado adicional con EDTA o ácido fosfórico pudo generar espacios más profundos donde no infiltró bien la resina posteriormente, mostrando así fuerzas de adhesión similares al grupo sin acondicionamiento. Además, pudo haberse creado un patrón de grabado irregular con el ácido fosfórico en gel, a pesar de que lo aplicamos con microcepillo como sugerían autores como Scotti y colaboradores<sup>23</sup>. Parece que en nuestro caso el empleo de este adhesivo universal en modo de grabado total, con acondicionamiento previo de la

dentina, o autograbante sin pretratamiento funciona de manera semejante respecto a la resistencia adhesiva.

A este respecto, los resultados que encontramos de otros autores que mencionamos a continuación difieren de los nuestros.

El ácido fosfórico es el acondicionamiento de la dentina más utilizado en los procedimientos de adhesión de los postes de fibra porque se afirma que elimina el barrillo dentinario de forma muy eficaz. Baena y colaboradores en su estudio encontraron que el acondicionamiento de la dentina influyó sobre la resistencia adhesiva, mientras que la profundidad de la dentina no. Las muestras tratadas con ácido fosfórico mostraron valores elevados respecto al grupo sin acondicionamiento. Los valores más bajos los obtuvieron con EDTA<sup>10</sup>. Este estudio, por tanto, contrasta con el nuestro porque defienden la utilización del ácido fosfórico para la eliminación del barrillo dentinario frente a cualquier otra forma de acondicionamiento de la dentina.

La utilización de EDTA como acondicionador por su capacidad quelante del calcio y su utilidad en la eliminación de restos y barrillo dentinario hacen que sea ampliamente estudiado y comparado con otros acondicionamientos, como el ácido fosfórico. Así, Kul y colaboradores también evaluaron la resistencia adhesiva de varios grupos de acondicionamiento de dentina y, al contrario que el estudio anterior, el grupo del acondicionamiento con EDTA mostró mayor resistencia que los demás, entre los que estaba el ácido fosfórico. No hubo diferencias significativas de los demás grupos entre sí<sup>91</sup>. De nuevo se muestra el contraste con nuestra investigación, destacando en este caso la superioridad del EDTA en la eliminación del barrillo dentinario.

Otro estudio de Alaghemand y colaboradores en referencia al EDTA, obtuvieron un mayor valor de fuerza en el grupo de acondicionamiento con EDTA 0,1M y menor valor en el grupo sin acondicionamiento, aunque en este caso las diferencias no fueron significativas. Defendieron que el EDTA promueve una capa híbrida más fina y homogénea sin desnaturalización de colágeno, promueve una descalcificación media de la dentina y unos remanentes de barrillo dentinario menores<sup>24</sup>. Coinciden con nuestro estudio en que las diferencias entre el EDTA y el grupo sin acondicionamiento

no fueron significativas, pero en nuestro caso los valores de fuerza obtenidos con EDTA no fueron superiores.

El ácido fosfórico podemos encontrarlo en distintas formas de presentación y a diferentes concentraciones. Algunos autores como Scotti y colaboradores obtuvieron mayores valores de fuerza utilizando ácido fosfórico en forma líquida. Su aplicación en gel produjo un patrón de grabado irregular y los restos de endodoncia y de barrillo permanecieron en las partes más profundas del conducto, probablemente debido a la alta viscosidad del gel. Recomendaron realizar el grabado en gel con un microcepillo<sup>23</sup>. En nuestro estudio aplicamos el ácido fosfórico en gel con un microcepillo para que llegara a todas las zonas del conducto, no obstante no obtuvimos mejores resultados que en el grupo sin acondicionamiento como sucede en este estudio. Puede ser debido a la necesidad de utilizarlo en su presentación líquida.

Por otro lado, sí encontramos diferencias entre el enfoque con el adhesivo universal Futurabond® M+ junto al cemento convencional Rebilda®DC y el enfoque del cemento autoadhesivo Bifix®SE tanto para el tercio apical, como para el tercio medio, dentro de los grupos que empleaban algún acondicionamiento. En todos los casos el cemento autoadhesivo exhibió una fuerza de adhesión superior al adhesivo universal junto con el cemento convencional. Estos resultados pueden indicar que debido a que especialmente en los tercios más profundos de la dentina el control del acceso y la humedad son complejos, un cementado que requiera más pasos para una adhesión satisfactoria será más difícil de controlar.

Los cementos convencionales duales se han utilizado tradicionalmente para el cementado de postes de fibra, generalmente combinados con adhesivos de grabado total o autograbantes, porque se cree que es una técnica que funciona adecuadamente y muchos autores opinan que es superior a otros enfoques surgidos posteriormente. Así, en algunos estudios como el de Migliau y colaboradores se determinó que el enfoque ideal era la utilización de un adhesivo de grabado total y un cemento convencional. Compararon la resistencia adhesiva de tres formas de cementado diferentes entre las que estaban el empleo de acondicionamiento de dentina con 37% de ácido fosfórico combinado con un sistema adhesivo dual y un cemento de resina dual, un cemento de resina autoadhesivo, o un adhesivo

autograbante y cemento de resina dual<sup>81</sup>. Este estudio difiere completamente del nuestro ya que, como hemos mencionado, nosotros obtuvimos el resultado contrario y el cemento autoadhesivo resistió mejor las pruebas mecánicas.

Los cementos autoadhesivos surgieron como una técnica nueva y simplificada en un solo paso que permitiera ahorrar tiempo de trabajo. El estudio de Pereira y colaboradores obtuvo mayores valores de fuerza de adhesión con cementos autoadhesivos comparados con cementos convencionales. El cemento de vidrio ionómero también presentó valores de resistencia adhesiva elevados. Los cementos duales mostraron los valores de fuerza más bajos. Realizaron una evaluación de la fuerza de adhesión entre diferentes cementos distribuidos de la siguiente manera: tres grupos de cementos de vidrio ionómero diferentes, dos grupos de cemento de resina dual convencional diferentes grabando previamente la dentina con ácido fosfórico y aplicando un adhesivo de 2 pasos, y tres grupos de cemento de resina dual autoadhesivo diferentes. Opinan que el acceso complejo a la zona apical en adhesivos que requieran más pasos puede complicar su actuación<sup>92</sup>. Nuestros resultados se asemejan más a este estudio de Pereira porque en ambos casos los cementos autoadhesivos mostraron valores de fuerza superiores a otros enfoques. De la misma forma creemos que el acceso a las zonas más profundas del conducto supone un reto para el éxito de numerosos pasos de aplicación.

Los adhesivos universales, como ya hemos descrito con anterioridad, surgieron como un enfoque nuevo que podía unir a múltiples materiales de restauración y que, además, se podía usar como adhesivo autograbante, de grabado total o de forma selectiva. Los estudios sobre su eficacia en el cementado de postes de fibra son recientes y complejos de comparar con nuestro estudio por los diferentes enfoques adhesivos que utiliza cada autor. Entre ellos, Oskoe y colaboradores evaluaron la resistencia adhesiva de seis grupos con enfoques adhesivos distintos, entre los que se encontraban los adhesivos universales. Concluyeron que cuando utilizaron el adhesivo universal en modo autograbante junto a un cemento autoadhesivo su fuerza de adhesión fue significativamente mayor que cuando se usó sin adhesivo o en modo de grabado total. La mayor resistencia adhesiva del modo autograbante del adhesivo universal se podría atribuir a su baja sensibilidad a la técnica porque no hay separación

entre grabado y aclarado. Se sugiere su empleo en modo autograbante junto a un cemento autoadhesivo. Distribuyeron los grupos de la siguiente manera: el primero de ellos utilizó cemento de resina autoadhesivo; el segundo, cemento de resina dual; el tercero, empleó adhesivo universal en modo de grabado total combinado con cemento de resina autoadhesivo; el cuarto, adhesivo universal en modo autograbante junto con cemento de resina autoadhesivo; el quinto, utilizó adhesivo universal en modo de grabado total y cemento dual; y el sexto, adhesivo universal en modo autograbante junto con cemento dual<sup>13</sup>. Este estudio, a diferencia del nuestro, defiende la utilización de adhesivos universales, combinados en este caso con cementos autoadhesivos. Nosotros no utilizamos ese protocolo, de ahí la complejidad de comparar con este estudio, pero hay una semejanza en que se obtienen mejores resultados cuando simplificamos los pasos de la técnica.

Otra investigación que utilizó diferentes protocolos de cementado de postes de fibra, entre los que estaban los adhesivos universales, fue el de Shafiei y colaboradores. La mayor resistencia la obtuvo el grupo de acondicionamiento con EDTA y adhesivo universal en enfoque autograbante, significativamente más elevada que en otros grupos. Los grupos de trabajo que utilizaron se distribuyeron de la siguiente manera: en el primer grupo, se utilizó hipoclorito de sodio, se acondicionó con ácido fosfórico y se aplicó adhesivo; en el segundo grupo, la dentina se irrigó como el primer grupo y se aplicó adhesivo autograbante; en el tercer grupo, la dentina se irrigó con 17% EDTA seguido de adhesivo autograbante; en el cuarto grupo, tras irrigación con hipoclorito se utiliza adhesivo universal en enfoque de grabado total; en el quinto grupo, se irriga con hipoclorito y se aplica adhesivo universal en modo autograbante; en el sexto grupo, usaron EDTA y aplicaron adhesivo universal en modo autograbante; en el séptimo grupo, irrigaron con agua destilada y aplicaron adhesivo universal. En todos los grupos se cementaron los postes con cemento de resina dual<sup>93</sup>. Este estudio difiere en gran medida del nuestro ya que se obtuvieron mejores resultados donde nosotros obtenemos valores más bajos, con el grabado previo con EDTA y adhesivo universal combinado con cemento convencional.

Cuando analizamos las combinaciones entre todos los grupos y subgrupos de nuestro estudio y las comparamos entre sí, a nivel medio, el acondicionamiento con

ácido fosfórico junto con adhesivo universal y cemento convencional obtuvo una fuerza de adhesión significativamente menor que no emplear ningún acondicionamiento junto con el cemento autoadhesivo.

En el estudio de Scotti y colaboradores también evaluaron las posibles diferencias en la fuerza de adhesión entre las combinaciones de varios acondicionamientos y cementos distintos. En uno de los grupos el conducto fue acondicionado con EDTA 10% y después se utilizó cemento autoadhesivo. En otro grupo se empleó gel de ácido fosfórico 37% y se aplicó un adhesivo universal para finalmente utilizar un cemento dual. No hubo diferencias significativas entre esos dos grupos. El ácido fosfórico y el EDTA retiraron el barrillo parcialmente. Hemos de tener en cuenta que en este caso el 10-MDP estaba presente tanto en el adhesivo universal como en el cemento autoadhesivo. Se ha reportado que es el monómero más prometedor para unir a la hidroxiapatita del esmalte y la dentina porque es estable frente a la hidrólisis y genera adhesión causando descalcificación ácida, enlazando con los iones de calcio o los grupos amino en la estructura dentaria<sup>58</sup>. En nuestro estudio el adhesivo universal Futurabond® M+ también presentaba 10-MDP en su composición, que como ya se ha mencionado anteriormente, es una molécula capaz de copolimerizar con los materiales de resina y mejorar con ello la interfase adhesiva<sup>56</sup>. Pero esto no sirvió para que ofreciera una mayor resistencia adhesiva que el cemento autoadhesivo Bifix® SE, especialmente en los tercios medio y apical. De nuevo justificamos que esto pudo suceder porque los cementos de resina tradicionales, junto con adhesivos con un enfoque de grabado total son descritos como sensibles a la técnica porque tienen muchos pasos, se afectan por la humedad y requieren mayor tiempo de sillón<sup>75</sup>.

En referencia a los resultados obtenidos en el análisis de los tipos de fracaso que se realizó con el estereomicroscopio, se determinó que el modo de fracaso más frecuente fue el adhesivo entre el cemento y la dentina radicular tanto desde el punto de vista del tipo de acondicionamiento, como del tipo de cemento, como del tercio radicular. Esto se puede explicar porque la interfase más débil en el complejo post-cemento-dentina es la que se forma entre el cemento y la dentina por sus

características peculiares ya explicadas anteriormente. Los tipos de fracaso cohesivo en el cemento y adhesivo cemento-poste no se produjeron en ninguno de los casos, lo que significa por un lado, que la aplicación de silano ha sido positiva y, por otro lado, que la resistencia cohesiva de los materiales fue superior a la fuerza de adhesión de las interfases en su conjunto. Es un hallazgo habitual en los estudios de adhesión, más razonable tratándose de la adhesión en dentina radicular puesto que la interfase adhesiva generalmente es más débil que en dentina coronal.

No se encontraron diferencias significativas en los tipos de fracaso entre los diferentes acondicionamientos de la dentina, ni entre los tipos de cemento de resina. En lo referente a los tercios del lecho, la proporción de muestras que presentan un fracaso mixto con cemento cubriendo 50-100% del perímetro del poste, fue significativamente mayor en el tercio coronal que en el apical. Además, la proporción de muestras con un fracaso cohesivo en la dentina fue mayor en el tercio medio que en el tercio apical. Podemos apreciar que el hecho de encontrar más fracasos cohesivos o mixtos en el tercio medio y coronal también implicó que había menos fracasos de tipo adhesivo entre cemento y dentina en estos tercios que a nivel apical, aunque no hubiera diferencias significativas en ese caso. Esto pudo deberse al peor acceso y mayor humedad que dificultan la adhesión en las zonas más profundas del lecho<sup>17</sup>.

La mayoría de autores consultados que realizan el test de *micropush-out*, también observan el modo de fracaso de las muestras, porque es la manera de saber en qué punto se ha producido el inicio de la fractura, además de la fuerza a la que se produjo, y donde está el punto débil de la interfase. Es así en el caso del estudio de Kul y colaboradores, que también analizaron el modo de fracaso de varios grupos de acondicionamiento. Obtuvieron que el fracaso más común fue el mixto, seguido del adhesivo entre resina y dentina. No hubo fallos entre poste y resina. Estos autores emplearon entre otros acondicionamientos, el EDTA 17%, el ácido fosfórico 35% y un grupo de agua destilada<sup>91</sup>. Nuestro estudio difiere de este en que en nuestro caso en todos los grupos, con o sin acondicionamiento de la dentina, el fracaso predominante fue el adhesivo entre el cemento y la dentina, aunque no hubiera diferencias significativas entre los acondicionamientos. Esta afirmación supone que en ninguno de

los supuestos la unión es perfecta en dicha interfase. Tampoco hubo ningún fracaso entre el cemento y el poste, como este estudio, lo que nos sugiere un efecto positivo de la aplicación de silano previa al cementado.

En referencia a la aplicación de silano, ya se ha descrito que el silano es una molécula bifuncional capaz de unir las sustancias orgánicas e inorgánicas, que puede contribuir a lograr mayor humectabilidad de superficie y mejorar con ello la adhesión<sup>94, 95</sup>. Por lo tanto, el hecho de no acondicionar la superficie del poste con silano podría explicar que hubiese una menor unión entre el cemento de resina y el poste, dando lugar a un mayor número de fracasos en esa interfase. Así ocurrió en estudios como el de Mao y colaboradores, que analizaron los fracasos producidos tras el test de *micropush-out* empleando diferentes acondicionamientos. Los fallos de adhesión entre el cemento y la dentina fueron los más frecuentes, seguido de los adhesivos entre el cemento y el poste de fibra. Además el grupo control, sin pretratamiento de la dentina, obtuvo mayor número de fracasos adhesivos entre el cemento y la dentina que los grupos tratados con EDTA o hipoclorito. Hemos de tener en cuenta que no aplicaron silano en la superficie del poste previamente al cementado, por ello pudieron obtener elevado número de fracasos entre el poste y el cemento.

Otros autores que compararon el modo de fracaso de diferentes grupos de acondicionamiento de la dentina en su investigación fueron Fan y colaboradores. Sus resultados indicaron que el modo de fracaso más frecuente fue el adhesivo cemento-dentina. No se dieron fallos cohesivos en dentina. Se dieron elevado número de fallos adhesivos cemento-dentina en el grupo sin acondicionamiento o de pretratamiento con hipoclorito, mientras que el grupo del EDTA y el del ácido maleico exhibieron mayor número de fallos adhesivos cemento-poste en la región cervical. En la región media, los fallos adhesivos cemento-dentina fueron mayores que en la región coronal<sup>68</sup>. Estos resultados coinciden con nuestro estudio en que el fracaso más frecuente sea el adhesivo entre el cemento y la dentina, mostrando que la unión no es perfecta independientemente del protocolo utilizado. Pero difieren en que nosotros no obtuvimos diferencias respecto al fracaso adhesivo cemento-dentina entre los

niveles radiculares. Puede atribuirse a que, independientemente del nivel radicular, la interfase entre el cemento y la dentina siempre era la más débil.

Daleprane y colaboradores en su investigación, de igual manera, evaluaron el modo de fracaso de tres tipos de cemento. Parece que estos autores sugieren que el acondicionamiento de la dentina con ácido fosfórico y un adhesivo y cemento convencionales funcionó mejor para la interfase entre el cemento y la dentina. Además, no encontraron diferencias entre los modos de fracaso en el tercio apical. Los grupos que formaron eran uno con cemento convencional dual con adhesivo de grabado total, otro con cemento autoadhesivo y un tercero de resina autopolimerizable junto a un adhesivo de grabado total<sup>71</sup>. Se puede apreciar que nuestro estudio difiere completamente de este estudio, ya que nosotros no encontramos diferencias en los tipos de fracaso entre los cementos, además no obtuvimos fracasos en la interfase cemento-poste, lo cual refuerza la idea de que puede ser debido a la aplicación de silano sobre el poste. Como añadido en nuestro caso si encontramos diferencias en el modo de fracaso entre el tercio apical y el coronal y medio.

En el estudio de Oskoe y colaboradores ya mencionado anteriormente en las pruebas mecánicas, compararon también los tipos de fracaso producidos entre diferentes enfoques adhesivos entre los que estaban el empleo de adhesivos universales. El fracaso predominante fue el adhesivo resina-dentina para todos los grupos y el segundo más frecuente el adhesivo cemento-poste<sup>13</sup>. Nuestro estudio se asemeja a éste puesto que en todos los grupos independientemente de que se utilizara un cemento de resina autoadhesivo o un cemento de resina dual junto con un adhesivo universal el fracaso más frecuente fue en la interfase cemento-dentina, aunque no se encontráramos diferencias significativas. Esto nos sugiere una vez más que la unión no es perfecta.

Otro estudio que evaluó el tipo de fracaso en diferentes protocolos de cementado con un marcado protagonismo de los adhesivos universales fue el de Shafiei y colaboradores. Los resultados revelaron que la mayoría de fracasos fueron mixtos, exceptuando el grupo donde se utilizó hipoclorito y agua destilada junto con un adhesivo universal en modo autograbante, en el cual fueron adhesivos entre

cemento y dentina<sup>93</sup>. Difiere de nuestro estudio en el tipo de fracaso predominante, en su caso parece sugerir que los protocolos que plantea presentan menos fracasos en la adhesión con la dentina.

Si atendemos al análisis descriptivo de las muestras, como hemos mencionado con anterioridad, en todas las imágenes obtenidas observamos espesores de cemento uniformes en general, menores en apical y van aumentando hacia coronal, especialmente en los casos de conductos ovalados, donde el espesor de cemento aumenta notablemente en esta región, pero apreciamos que los cementos prácticamente en todos los casos rellenan el perímetro del conducto aunque sea así. Tanto en las imágenes de las muestras transversales como longitudinales vemos una adaptación del poste al conducto adecuada, eso sucede porque el *drill* realiza su trabajo correctamente, y permite espesores de cemento más finos. La tendencia actual es no utilizar *drills* y únicamente eliminar la gutapercha del conducto sin prepararlo posteriormente, con la finalidad de ser más conservadores, pero esto puede dar lugar a mayores desajustes entre el poste y el conducto, ya que mantenemos la forma original del mismo a la vez que puede no asegurar la total eliminación de la gutapercha y el cemento sellador, comprometiendo la adhesión. La retención del poste mejora con un buen ajuste al conducto y una capa fina de cemento<sup>3,96</sup>. Algunos autores defienden que los espesores de cemento elevados conducen a mayor contracción de polimerización y estrés, formación de *gaps* y burbujas. Se producen, por consiguiente, mayores fracasos por descementado adhesivo con espesores de cemento más gruesos<sup>5,97,98,99</sup>. Por el contrario, otros autores refieren una falta de consenso sobre si el espesor afecta a la resistencia adhesiva<sup>67,73</sup>. En nuestra opinión, los espesores de cemento mayores tienen mayores probabilidades de presentar defectos estructurales, como las burbujas o las grietas, que puedan ser un punto de inicio para fracturas. También es posible que se produzca con mayor facilidad una desadaptación al conducto al tener que cubrir espacios mayores.

El cemento convencional Rebuilda® DC presenta partículas de relleno inorgánico ligeramente mayores que el autoadhesivo Bifix® SE, pero la cantidad en las imágenes observadas es muy similar, y según los fabricantes presentan el mismo porcentaje en

peso de relleno (70%), por lo que el estrés de contracción en ambos casos será similar. Aunque no se cuantificó de forma precisa, los *tags* de resina que se pudieron apreciar parecen de mayor longitud y más abundantes en el caso del cemento de resina convencional, lo que sugiere una mayor interacción micromecánica con la dentina<sup>81</sup>. El adhesivo universal habría penetrado de forma más notable en la dentina en aquellas zonas donde la adhesión ha tenido éxito. Los cementos autoadhesivos tienen bajo poder desmineralizante y no forman una capa híbrida que se distinga fácilmente<sup>47</sup>. Sin embargo, el número de los *tags* de resina formados en los túbulos dentinarios no es directamente proporcional a la resistencia adhesiva<sup>71</sup>.

A pesar de todo lo mencionado anteriormente, hay muchas zonas afectadas en la interfase cemento-dentina donde se observan soluciones de continuidad en todos los casos, lo que refuerza el hecho de que la unión no es perfecta en ninguno de ellos. En la interfase cemento-poste no hay soluciones de continuidad exceptuando dos casos, lo que destaca la acción positiva de la aplicación de silano.

La distribución de las fibras en los postes y la calidad de la unión entre sus componentes es fundamental para el correcto funcionamiento del sistema adhesivo, y del conjunto *monoblock* como objetivo restaurador<sup>29, 34</sup>. En nuestro caso pudimos apreciar en las imágenes de MEB que la distribución de las fibras del poste en la matriz de resina no es homogénea y se pudieron apreciar algunos huecos en la misma. Este hecho se advirtió de forma clara en las muestras longitudinales, con una marcada separación entre las fibras del poste, donde penetra el nitrato de plata lo que nos sugiere que esos espacios se han creado durante el pulido de los dientes para obtener hemisecciones, o bien son defectos de fabricación. Este hecho es fundamental, ya que la cohesión del poste influye en gran medida en sus propiedades mecánicas puesto que los postes de fibra presentan un comportamiento anisotrópico, de manera que el trabajo mecánico se reparte entre las fibras, que reciben y soportan sobre todo los esfuerzos de flexión o tracción, y la resina los de compresión, y es fundamental una perfecta unión entre ambas partes. Una incorrecta transmisión de las fuerzas que inciden sobre el poste redundaría en una disminución de su resistencia. Esto puede repercutir en la decisión de elegir este sistema de postes frente a otros.

Los análisis de microfiltración se utilizan en mayor medida de una forma complementaria a los estudios de carga mecánica, pese a su importancia. Nos permite evaluar mediante un marcador las zonas donde se sitúan defectos dentro de la interfase. Estas zonas porosas pueden conducir a iniciación de grietas y falta de unión con los consiguientes fracasos adhesivos<sup>22</sup>.

En referencia a los resultados del análisis de microfiltración, únicamente se hallaron diferencias significativas respecto al sellado de la interfase entre los métodos de acondicionamiento de la dentina. Los valores de microfiltración más frecuentes, si atendemos al conjunto de muestras, fueron  $25 \leq 50\%$  o  $50 \leq 75\%$ . Ninguna muestra del tercio coronal, ni del grupo sin acondicionamiento presentó una microfiltración  $>75\%$ . Todas ellas, presentaron alteración en el sellado en la interfase cemento-dentina, como se ha mencionado anteriormente, por lo que la unión no es perfecta independientemente del cemento o acondicionamiento utilizado. Sin embargo, en la interfase cemento-poste solo dos muestras mostraron microfiltración lo que apoya la utilización de agentes de acoplamiento de silano.

El grupo sin acondicionamiento presentó una microfiltración inferior al grupo de acondicionamiento con ácido fosfórico. Esto podría explicarse porque realizamos un “doble grabado” en los casos en los que empleamos el ácido fosfórico, puesto que tanto el cemento autoadhesivo, como el adhesivo universal Futurabond® M+ ya contienen monómeros ácidos para grabar el conducto, lo que puede apoyar que los cementos no infiltraran suficiente en la dentina y no lograran así una adhesión satisfactoria. Esta idea se ve reforzada porque podemos apreciar que en las muestras acondicionadas con ácido fosfórico, en general, el nitrato de plata invadió los túbulos dentinarios de una forma más acusada que en los demás grupos.

A este respecto, los diferentes autores parecen tener resultados y opiniones diferentes a la nuestra.

De esta forma, algunos autores, como Baena y colaboradores, en su estudio cuando no aplicaban ningún acondicionamiento, las paredes aparecían cubiertas de barrillo y no se observaron los tubulillos dentinarios; cuando utilizaron ácido fosfórico, éste removía el barrillo dentinario y se observaban los tubulillos; con EDTA tampoco se

removió el barrillo completamente<sup>10</sup>. A este respecto, tanto Scotti y colaboradores como Fan y colaboradores, mencionados anteriormente, obtuvieron resultados muy similares con el ácido fosfórico y el EDTA<sup>58, 68</sup>. Parece que los resultados de estos autores contrastan con nuestro estudio, en el cual la microfiltración es más acusada en el grupo de pretratamiento con ácido fosfórico que en el de sin acondicionamiento de la dentina. Todos estos estudios coinciden en que, aunque el ácido fosfórico y el EDTA no eliminan por completo el barrillo dentinario, son una mejor alternativa a no utilizar ningún acondicionamiento.

Otro estudio de Saraiva y colaboradores comparó el empleo de ácido ortofosfórico con el de hipoclorito de sodio y obtiene resultados positivos con el ácido fosfórico, que puede contribuir a mejorar las propiedades del tercio apical<sup>46</sup>. Este estudio también contrasta con el nuestro ya que destaca la utilización del ácido fosfórico. Es posible, como hemos mencionado, que en nuestro caso fuera por la aplicación en combinación con ese tipo de adhesivo universal y cemento autoadhesivo, que puedan funcionar mejor de forma individual.

Como ya hemos mencionado, en nuestro estudio no se encontraron diferencias significativas en el sellado de la interfase entre el cemento autoadhesivo y el cemento convencional junto con el adhesivo universal.

Mobarak y colaboradores en su estudio de microfiltración compararon diferentes cementos convencionales combinados con adhesivos autograbantes, con otro cemento autoadhesivo y no apreciaron depósitos de nitrato de plata en los grupos en la interfase poste-resina. Si observaron pequeños cúmulos de nitrato de plata en las interfases resina-dentina en todos los grupos. El grupo de cemento autoadhesivo mostró menor microfiltración<sup>57</sup>. En esta investigación citada, al igual que en nuestro estudio, el punto débil es la interfase cemento-dentina. Sin embargo, los cementos autoadhesivos mostraban menor microfiltración que los convencionales, en nuestro caso no encontramos diferencias entre ambos. Aunque los adhesivos universales pueden suponer una buena alternativa a los convencionales<sup>14</sup>, también la capa de barrillo supone una barrera física para permitirles la formación de una capa híbrida estable<sup>11, 55</sup>.

Cantoro y colaboradores en su estudio utilizan MEB para medir la microfiltración con diferentes tipos de cementos autoadhesivos. Concluyen que la penetración de los cementos en la dentina es limitada, presentan una interacción superficial con la misma. Todos exhibieron burbujas y deposición de nitrato de plata en la interfase cemento-dentina<sup>35</sup>. De igual manera, como refieren estos autores, en nuestro caso también observamos una interacción más superficial con la dentina del cemento autoadhesivo. Además, ambos cementos mostraron nitrato de plata en la interfase cemento-dentina en todos los casos al igual que ellos.

En otro estudio de Marchesi y colaboradores también evaluaron la nanofiltración de la interfase con distintos cementos autoadhesivos. Determinaron que la simplificación de la técnica y disminución del número de pasos afecta a la capacidad adhesiva, a la durabilidad y los cementos autoadhesivos ofrecen resultados prometedores, pero controvertidos. Bifix SE mostró una degradación y nanofiltración en el tiempo menores que otros cementos<sup>52</sup>. Como hemos mencionado anteriormente, difiere de nuestro estudio en que no encontramos menor microfiltración con ninguno de los cementos. Puede deberse a que la capa híbrida no fuera estable con ninguna de las combinaciones utilizadas.

Pereira y colaboradores realizaron una inspección mediante MEB de varios protocolos de cementado. Concluyeron que todos los cementos evaluados exhibieron *gaps* en la interfase dentina-cemento. También mayores burbujas en los cementos convencionales, utilizando ácido fosfórico como pretratamiento de dentina, que en los autoadhesivos en todos los tercios radiculares, especialmente en el tercio apical. Los cementos autoadhesivos presentan interacción con la hidroxiapatita de la dentina, desmineralización baja y ausencia de capa híbrida<sup>19</sup>. De nuevo en este estudio sucede como en los anteriores, todos los cementos presentaban alteraciones en la interfase dentina-cemento como en nuestro caso, pero los autoadhesivos funcionaron mejor a diferencia de nuestro estudio. Esto puede reforzar la idea de que la capa de barrillo fue una barrera fuerte para la formación de una capa híbrida estable y de una adhesión satisfactoria.

Tampoco encontramos diferencias significativas en la microfiltración entre los tercios radiculares. Se puede advertir, sin embargo, que ninguna muestra coronal presentaba una microfiltración >75%.

Hay numerosos autores que hacen referencia a las diferencias en el sellado de la interfase entre los niveles radiculares, haciendo especial énfasis en lo que sucede a nivel apical. En el tercio apical hay mayor cantidad de restos, peor acceso y mayor humedad. Además, existen menor cantidad de túbulos dentinarios en esa zona lo que fomenta que la adhesión sea peor<sup>3</sup>.

Así, el estudio de Pereira y colaboradores mencionado anteriormente refiere que las burbujas que observaron en el cemento se acentuaban en número y tamaño a nivel apical<sup>19</sup>. Otro estudio de Bitter y colaboradores en el que se evaluaron diferentes enfoques de grabado y cementos, entre ellos Rebuilda, con microscopía confocal determinó que el nivel radicular no afectó al espesor de la capa híbrida, pero si al número de *tags* de resina formados que fue menor en apical<sup>15</sup>. Nuestro estudio no encontró diferencias en la microfiltración en función de los niveles radiculares pero si observamos la tendencia mencionada a no filtrar por encima del 75% a nivel coronal. Es posible que con un aumento en el número de muestras pudiéramos apreciar que esa tendencia se acentuara.

Si valoramos de una forma global el análisis de todos los estudios anteriormente citados, hemos de tener en cuenta que es muy complejo establecer una comparativa y poder extrapolar los resultados de nuestro estudio debido a que las variables de estudio y las técnicas de medida de cada investigación son múltiples y muy diferentes entre sí.

Es muy importante a nivel clínico realizar este tipo de estudios para observar la interfase adhesiva, analizar mediante pruebas mecánicas su comportamiento y evaluar mediante microscopía el sellado de la misma, ya que los principales fracasos de los postes de fibra de vidrio, hoy en día, se producen por descementado y, en segunda instancia, por filtración de bacterias a este nivel.

Como observamos, debe seguir adelante la investigación en el cementado de postes con diferentes técnicas para conseguir esclarecer su comportamiento clínico.

Además, actualmente la tendencia es a utilizar los adhesivos universales ya que son de reciente incorporación y se describen por los fabricantes como materiales con unas características prometedoras. Sin embargo, los estudios que analizan su comportamiento en el cementado de postes de fibra son escasos, por lo que deberían realizarse más investigaciones con estos adhesivos de los cuales se tiene un conocimiento limitado. En general, continuamente están surgiendo alternativas nuevas en el cementado de postes, por ello, además de los estudios *in vitro*, que son muy útiles sobre todo en primera instancia, también es necesario diseñar estudios clínicos de larga evolución para complementarlos porque son los que van a validar todas las afirmaciones ya realizadas y comprobarlas en un escenario plenamente realista, bajo las condiciones a las que están sometidos dichos materiales en el día a día. Únicamente tras todo este proceso se logrará esclarecer su comportamiento para utilizar la mejor técnica en su incorporación habitual a la clínica.

# **7. CONCLUSIONES**

## 7. CONCLUSIONES

Dentro de las limitaciones del presente estudio, podemos concluir que:

- La fuerza de adhesión media del cemento autoadhesivo fue superior a la del cemento convencional junto con el adhesivo universal, tanto a nivel apical como a nivel medio y para los grupos de acondicionamiento con ácido fosfórico y con EDTA.
- Los tres grupos de acondicionamiento de la dentina empleados presentaron una fuerza de adhesión media similar entre ellos, sin diferencias significativas.
- El tipo de fracaso más frecuente en todos los supuestos fue el adhesivo en la interfase entre el cemento y la dentina, sin que se encontraran diferencias respecto al mismo entre los grupos de acondicionamiento de la dentina y los cementos de resina utilizados.
- Los defectos de sellado de la interfase cemento-dentina estaban presentes en todas las muestras, sin embargo, no se apreciaron diferencias en dicho sellado entre los diferentes cementos de resina.
- La microfiltración en el grupo de acondicionamiento con ácido fosfórico fue mayor que la del grupo sin acondicionamiento.
- El nivel radicular influyó en el tipo de fracaso, pero no en la resistencia adhesiva, ni en el sellado de la interfase.
- A nivel morfológico, se observó una interfase cerrada entre el cemento y el poste, mientras que entre el cemento y la dentina se encontraron soluciones de continuidad.
- La distribución de las fibras del poste en la matriz de resina no fue homogénea y se observaron defectos en la interfase entre las fibras y la matriz.

- El cemento convencional presentó *tags* de resina más abundantes en las zonas donde la adhesión fue satisfactoria. El espesor de ambos cementos fue uniforme a lo largo del conducto, disminuyendo ligeramente desde la zona coronal hacia apical.
- Se necesitan más estudios para comprender mejor el funcionamiento de los materiales y técnicas actuales en el cementado de postes, en primera instancia estudios *in vitro* que complementen a los ensayos clínicos posteriores.

# **8. BIBLIOGRAFÍA**

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Katalinić I, Glockner K, Anić I. Influence of several root canal disinfection methods on pushout bond strength of self-etch post and core systems. *Int Endod J* 2014;47(2):140-146.
- (2) Kaur J, Sharma N, Singh H. In vitro evaluation of glass fiber post. *J Clin Exp Dent* 2012;4(4):e204-9.
- (3) Bru E , Forner L , Llena C , Almenar A. Fibre post behaviour prediction factors. A review of the literature. *J Clin Exp Dent* 2013;5(3):e150-3.
- (4) Ekambaram M, Yiu CKY, Matinlinna JP, Chang JWW, Tay FR, King NM. Effect of chlorhexidine and ethanol-wet bonding with a hydrophobic adhesive to intraradicular dentine. *J Dent* 2014;42(7):872-882.
- (5) Gomes GM, Rezende EC, Gomes OM, Gomes JC, Loguercio AD, Reis A. Influence of the resin cement thickness on bond strength and gap formation of fiber posts bonded to root dentin. *J Adhes Dent* 2014;16(1):71-78.
- (6) Zicari F, Coutinho E, Scotti R, Van Meerbeek B, Naert I. Mechanical properties and micro-morphology of fiber posts. *Dent Mater* 2013;29(4):e45-e52.
- (7) Durski M, Metz M, Thompson J, Mascarenhas A, Crim G, Vieira S, Mazur RF. Push-Out Bond Strength Evaluation of Glass Fiber Posts With Different Resin Cements and Application Techniques. *Oper Dent* 2016;41(1):103-110.
- (8) Dikbas I, Tanalp J. An Overview of Clinical Studies on Fiber Post Systems. *Sci World J* 2013;2013:1-7.
- (9) Mao H, Chen Y, Yip KH, Smales RJ. Effect of three radicular dentine treatments and two luting cements on the regional bond strength of quartz fibre posts. *Clin Oral Investig* 2011;15(6):869-878.

- (10) Baena E, Flores A, Ceballos L. Influence of root dentin treatment on the push-out bond strength of fiber posts. *Odontology* 2017;105(2):170-177.
- (11) Muñoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NHC. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent* 2013;41(5):404-411.
- (12) Perdigão J, Loguercio AD. Universal or Multi-mode Adhesives: Why and How? *J Adhes Dent* 2014;16(2):193-194.
- (13) Oskoe SS, Bahari M, Kimyai S, Asgary S, Katebi K. Push-out Bond Strength of Fiber Posts to Intraradicular Dentin Using Multimode Adhesive System. *J Endod* 2016;42(12):1794-1798.
- (14) Amaral M, Belli R, Cesar PF, Valandro LF, Petschelt A, Lohbauer U. The potential of novel primers and universal adhesives to bond to zirconia. *J Dent* 2014;42(1):90-98.
- (15) Bitter K, Gläser C, Neumann K, Blunck U, Frankenberger R. Analysis of resin-dentin interface morphology and bond strength evaluation of core materials for one stage post-endodontic restorations. *PloS One* 2014;9(2):e86294.
- (16) Ferrari M, Carvalho CA, Goracci C, Antonioli F, Mazzoni A, Mazzotti G, Cadenaro M, Breschi L. Influence of Luting Material Filler Content on Post Cementation. *J Dent Res* 2009;88(10):951-956.
- (17) Bitter K, Aschendorff L, Neumann K, Blunck U, Sterzenbach G. Do chlorhexidine and ethanol improve bond strength and durability of adhesion of fiber posts inside the root canal? *Clin Oral Investig* 2014;18(3):927-934.
- (18) Marques de Melo R, Bottino MA, Galvão RKH, Soboyejo WO. Bond strengths, degree of conversion of the cement and molecular structure of the adhesive–dentine joint in fibre post restorations. *J Dent* 2012;40(4):286-294.
- (19) Pereira JR, Valle AL, Ghizoni JS, Só MVR, Ramos MB, Lorenzoni FC. Evaluation of push-out bond strength of four luting agents and SEM observation of the dentine/fibreglass bond interface. *Int Endod J* 2013;46(10):982-992.

- (20) Sridhara KS, Mankar S, Jayshankar CM, Vinaya K. Scanning electron microscopic study of teeth restored with fiber posts and composite resin: An in vitro study. *J Pharm Bioallied Sci* 2014;6(Suppl 1):S74-79.
- (21) Chen Q, Cai Q, Li Y, Wei X, Huang Z, Wang X. Effect on push-out bond strength of glass-fiber posts functionalized with polydopamine using different adhesives. *J Adhes Dent* 2014;16(2):177-184.
- (22) Cuadros-Sanchez J, Szesz A, Hass V, Patzlaff RT, Reis A, Loguercio AD. Effects of sonic application of adhesive systems on bonding fiber posts to root canals. *J Endod* 2014;40(8):1201-1205.
- (23) Scotti N, Scansetti M, Rota R, Breschi L, Mazzoni A, Pasqualini D, Berutti E. Active application of liquid etching agent improves adhesion of fibre posts to intraradicular dentine. *Int Endod J* 2013;46(11):1039-1045.
- (24) Alaghemand H, Mirzae M, Ahmadi E, Saidi A. Effect of different post-space pretreatments on fiber post bonding to root dentine. *Dent Res J* 2013;10(4):545-552.
- (25) Elsaka SE. Influence of chemical surface treatments on adhesion of fiber posts to composite resin core materials. *Dent Mater* 2013;29(5):550-558.
- (26) Zhou L, Wang Q. Comparison of fracture resistance between cast posts and fiber posts: a meta-analysis of literature. *J Endod* 2013;39(1):11-15.
- (27) Santos AFV, Meira JBC, Tanaka CB, Xavier TA, Ballester RY, Lima RG, Pfeifer CS, Versluis A. Can Fiber Posts Increase Root Stresses and Reduce Fracture? *J Dent Res* 2010;89(6):587-591.
- (28) Figueiredo FED, Martins-Filho PRS, Faria-e-Silva AL. Do metal post-retained restorations result in more root fractures than fiber post-retained restorations? A systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2015;41(3):309-316.

- (29) Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Tay FR, Ferrari M. Fatigue resistance and structural characteristics of fiber posts: three-point bending test and SEM evaluation. *Dent Mater* 2005;21(2):75-82.
- (30) Furtos G, Baldea B, Silaghi-Dumitrescu L. Development of new radiopaque glass fiber posts. *Mater Sci Eng* 2016;59:855-862.
- (31) Kermanshah H, Bolhari B, Sedaghat F, Omrani LR. Effect of Intracanal Post Space Treatments on Push-Out Bond Strength of Fiber Posts to Root Dentin. *J Dent (Tehran)* 2017;14(1):55-61.
- (32) Souza ACdO, Gonçalves FdCP, Anami LC, Melo RMd, Bottino MA, Valandro LF. Influence of insertion techniques for resin cement and mechanical cycling on the bond strength between fiber posts and root dentin. *J Adhes Dent* 2015;17(2):175-180.
- (33) Hill E, Lott J. A clinically focused discussion of luting materials. *Aust Dent J* 2011;56(1 Suppl):67-76.
- (34) Tay FR, Pashley DH. Monoblocks in Root Canals: A Hypothetical or a Tangible Goal. *J Endod* 2007;33(4):391-398.
- (35) Cantoro A, Goracci C, Vichi A, Mazzoni A, Fadda GM, Ferrari M. Retentive strength and sealing ability of new self-adhesive resin cements in fiber post luting. *Dent Mater* 2011;27(10):e197-e204.
- (36) Menezes MS, Faria-e-Silva AL, Silva FP, Reis GR, Soares CJ, Stape THS, Martins LR. Etching a Fiber Post Surface with High-concentration Bleaching Agents. *Oper Dent* 2014;39(1):E16-E21.
- (37) Leme AA, Pinho AL, Gonçalves LS, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA. Effects of silane application on luting fiber posts using self-adhesive resin cement. *J Adhes Dent* 2013;15(3):269-274.

(38) Samimi P, Mortazavi V, Salamat F. Effects of Heat Treating Silane and Different Etching Techniques on Glass Fiber Post Push-out Bond Strength. *Oper Dent* 2014;39(5):E217-E224.

(39) Liu C, Liu H, Qian Y, Zhu S, Zhao S. The influence of four dual-cure resin cements and surface treatment selection to bond strength of fiber post. *Int J Oral Sci* 2014;6(1):56-60.

(40) Elnaghy AM, Elsaka SE. Effect of surface treatments on the flexural properties and adhesion of glass fiber-reinforced composite post to self-adhesive luting agent and radicular dentin. *Odontology* 2016;104(1):60-67.

(41) Dalitz F, Junior OFO, Hintz RC, Correr GM, da Cunha LF, Gonzaga CC. Effect of hydrogen peroxide and universal adhesive application on the bond strength of glass fiber posts. *Braz J Oral Sci* 2017; 16:1-9.

(42) Machado FW, Bossardi M, Ramos TdS, Valente LL, Münchow EA, Piva E. Application of resin adhesive on the surface of a silanized glass fiber-reinforced post and its effect on the retention to root dentin. *J Endod* 2015;41(1):106-110.

(43) Santos J, Carrilho M, Tervahartiala T, Sorsa T, Breschi L, Mazzoni A, Pashley D, Tay F, Ferraz C, Tjäderhane L. Determination of Matrix Metalloproteinases in Human Radicular Dentin. *J Endod* 2009;35(5):686-689.

(44) Victorino KR, Kuga MC, Duarte MAH, Cavenago BC, Só MVR, Pereira JR. The effects of chlorhexidine and ethanol on push-out bond strength of fiber posts. *J Conserv Dent* 2016;19(1):96-100.

(45) Vangala A, Hegde V, Sathe S, Dixit M, Jain P. Effect of irrigating solutions used for postspace treatment on the push-out bond strength of glass fiber posts. *J Conserv Dent* 2016;19(1):82-86.

(46) Saraiva LO, Aguiar TR, Costa L, Correr-Sobrinho L, Muniz L, Mathias P. Effect of different adhesion strategies on fiber post cementation: Push-out test and scanning electron microscopy analysis. *Contemp Clin Dent* 2013;4(4):443-447.

(47) Alkudhairy FI, Bin-Shuwaish MS. The effect of sodium hypochlorite and resin cement systems on push-out bond strength of cemented fiber posts. *Pak J Med Sci* 2016;32(4):905.

(48) De Andrade C, Silva MF, Cruz JFW, Ribeiro FC, León BLT. The influence of 1% sodium hypochlorite in the bond strength between the radicular dentin and the fiber post using three cementing agents. *Rev Odonto Cienc* 2015;30(4):173-178.

(49) Da Rosa WLO, Piva E, Silva AFd. Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *J Dent* 2015;43(7):765-776.

(50) Juloski J, Goracci C, Tsintsadze N, Carrabba M, Vichi A, Vulicevic ZR, Ferrari M. Influence of luting agent translucency on fiber post retention. *Eur J Oral Sci* 2015;123(2):116-121.

(51) Khabeer A, Whitworth J, Rolland S. Polymerization kinetics of resin cements after light activation through fibre posts: an in vitro study. *Int Endod J* 2015;48(3):261-267.

(52) Marchesi G, Mazzoni A, Turco G, Cadenaro M, Ferrari M, Di Lenarda R, Breschi L. Aging affects the adhesive interface of posts luted with self-adhesive cements: a 1-year study. *J Adhes Dent* 2013;15(2):173-180.

(53) Türker SA, Uzunoğlu E, Yılmaz Z. Effects of dentin moisture on the push-out bond strength of a fiber post luted with different selfadhesive resin cements. *Restor Dent Endod* 2013;38(4):234-240.

(54) Aleisa K, Al-Dwairi ZN, Alsubait SA, Morgano SM. Pull-out retentive strength of fiber posts cemented at different times in canals obturated with a eugenol-based sealer. *J Prosthet Dent* 2016;116(1):85-90.

(55) Wagner A, Wendler M, Petschelt A, Belli R, Lohbauer U. Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J Dent* 2014;42(7):800-807.

(56) Kim J, Chae S, Lee Y, Han G, Cho B. Effects of Multipurpose, Universal Adhesives on Resin Bonding to Zirconia Ceramic. *Oper Dent* 2015;40(1):55-62.

- (57) Mobarak E, Seyam R. Interfacial Nanoleakage and Bonding of Self-Adhesive Systems Cured with a Modified-Layering Technique to Dentin of Weakened Roots. *Oper Dent* 2013;38(5):E154-E165.
- (58) Scotti N, Bergantin E, Tempesta R, Turco G, Breschi L, Farina E, Pasqualini D, Berutti E. Influence of dentin pretreatment with synthetic hydroxyapatite application on the bond strength of fiber posts luted with 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate-containing luting systems. *Eur J Oral Sci* 2016;124(5):504-509.
- (59) Heintze SD. Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and marginal adaptation. *Dent Mater* 2013;29(1):59-84.
- (60) Sirisha K, Rambabu T, Shankar YR, Ravikumar P. Validity of bond strength tests: A critical review: Part I. *J Conserv Dent* 2014;17(4):305-311.
- (61) Sirisha K, Rambabu T, Ravishankar Y, Ravikumar P. Validity of bond strength tests: A critical review-Part II. *J Conserv Dent* 2014;17(5):420-426.
- (62) Li X, Zhao S, Niu L, Tay FR, Jiao K, Gao Y, Chen J. Effect of luting cement and thermomechanical loading on retention of glass fibre posts in root canals. *J Dent* 2014;42(1):75-83.
- (63) Coutinho E, Cardoso MV, Fernandes CP, Neves AA, Gouvea CVD, Van Landuyt KL, De Munck J, Van Meerbeek B. Nanoleakage Distribution at Adhesive-Dentin Interfaces in 3D. *J Dent Res* 2011;90(8):1019-1025.
- (64) Pashley DH, Pashley EL, Agee KA, Tay FR. Effects of one versus two applications of an unfilled, all-in-one adhesive on dentine bonding. *J Dent* 2002;30(2):83-90.
- (65) Martinho FC, Carvalho CAT, Oliveira LD, De Lacerda AJF, Xavier ACC, Augusto MG, Zanatta RF, Pucci CR. Comparison of different dentin pretreatment protocols on the bond strength of glass fiber post using self-etching adhesive. *J Endod* 2015;41(1):83-87.

- (66) Saboia VPA, Nato F, Mazzoni A, Orsini G, Putignano A, Giannini M, Breschi L. Adhesion of a two-step etch-and-rinse adhesive on collagen-depleted dentin. *J Adhes Dent* 2008;10(6):419-422.
- (67) Bazzo J, Pedriali MBP, Guiraldo R, Berger S, Moura S, de Carvalho R. Push-out bond strength of different translucent fiber posts cemented with self-adhesive resin cement. *J Conserv Dent* 2016;19(6):583-586.
- (68) Fan F, Ibrahim M, Dai P, Mao Y, He B, Wu G, Ma J, Huang S. Effect of maleic acid on the bond strength of fibre posts to root dentine. *Eur J Oral Sci* 2017;125(5):396-402.
- (69) De Araújo DFG, Chaves LP, Bim J, Júnior OB, Garcia FCP, Ishikiriama SK, Honório HM, Wang L. Influence of 2% chlorhexidine digluconate on bond strength of a glass-fibre post luted with resin or glass-ionomer based cement. *J Dent* 2014;42(6):735-741.
- (70) Cecchin D, Farina AP, Giacomini M, Vidal CdMP, Carlini-Júnior B, Ferraz CCR. Influence of chlorhexidine application time on the bond strength between fiber posts and dentin. *J Endod* 2014;40(12):2045-2048.
- (71) Daleprane B, Pereira CNB, Bueno AC, Ferreira RC, Moreira AN, Magalhães CS. Bond strength of fiber posts to the root canal: Effects of anatomic root levels and resin cements. *J Prosthet Dent* 2016;116(3):416-424.
- (72) Machado MBM, Morgan LF, Gomes GM, Vasconcellos WA, Cardoso FP, Albuquerque RC. Effects of immediate and delayed intraradicular preparation on bond strength of fiber posts. *Indian J Dent Res* 2015;26(3):244-247.
- (73) Park J, Lee J, Park J, Chung W, Choi E, Lee Y. Comparison of push-out bond strength of fiber-reinforced composite resin posts according to cement thickness. *J Prosthet Dent* 2017;118(3):372-378.
- (74) Rocha AT, Gonçalves LM, Vasconcelos AJC, Filho EMM, Carvalho CN, Tavares RRJ. Effect of Anatomical Customization of the Fiber Post on the Bond Strength of a Self-Adhesive Resin Cement. *Int J Dent* 2017;(1):1-6.

(75) Al-Dwairi ZN, Aleisa K, Lynch E. Effect of endodontic sealers on push-out bond strength of cemented fiber posts. *Quintessence Int* 2015;46(4):299-307.

(76) Altmann ASP, Leitune VCB, Collares FM. Influence of Eugenol-based Sealers on Push-out Bond Strength of Fiber Post Luted with Resin Cement: Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod* 2015;41(9):1418-1423.

(77) Özcan E, Çetin AR, Çapar İD, Tunçdemir AR, Aydınbelge HA. Influence of eugenol on the push-out bond strengths of fiber posts cemented with different types of resin luting agents. *Odontology* 2013;101(2):204-209.

(78) Arslan H, Yılmaz CB, Karatas E, Barutçigil C, Topcuoglu HS, Yeter KY. Efficacy of different treatments of root canal walls on the pull-out bond strength of the fiber posts. *Lasers in Med Sci* 2015;30(2):863-868.

(79) Nova V, Karygianni L, Altenburger MJ, Wolkewitz M, Kielbassa AM, Wrbas K. Pull-out bond strength of a fibre-reinforced composite post system luted with self-adhesive resin cements. *J Dent* 2013;41(11):1020-1026.

(80) Soejima H, Takemoto S, Hattori M, Yoshinari M, Kawada E, Oda Y. Effect of adhesive system on retention in posts comprising fiber post and core resin. *Dent Mater J* 2013;32(4):659-666.

(81) Migliau G, Piccoli L, Carlo SD, Pompa G, Besharat LK, Dolci M. Comparison between three glass fiber post cementation techniques. *Ann Stomatol* 2017;8(1):29-33.

(82) Kadam A, Pujar M, Patil C. Evaluation of push-out bond strength of two fiber-reinforced composite posts systems using two luting cements in vitro. *J Conserv Dent* 2013;16(5):444-448.

(83) Prado NAS, Ferreira RdS, Maurício MHP, Paciornik S, De Miranda MS. Influence of the Cement Film Thickness on the Push-Out Bond Strength of Glass Fiber Posts Cemented in Human Root Canals. *Int J Dent* 2016;(5):1-7.

(84) Uzun I, Keskin C, Özsü D, Güler B, Aydemir H. Push-out bond strength of oval versus circular fiber posts irradiated by erbium-doped yttrium aluminum garnet laser. *J Prosthet Dent* 2016;116(3):425-430.

(85) De Landa FV, Miranda JS, De Carvalho RF, Kimpara ET, Leite FPP. Bond strength of glass fiber posts submitted to different luting protocols. *Revista Odonto Ciência* 2016;31(2):77-82.

(86) Mesquita GC, Veríssimo C, Raposo LHA, Santos-Filho PCF, Da Mota AS, Soares CJ. Can the cure time of endodontic sealers affect bond strength to root dentin? *Braz Dent J* 2013;24(4):340-343.

(87) Oskoe PA, Nooroloyouni A, Pornaghi Azar F, Oskoe JS, Pirzadeh Ashraf A. Effect of Resin Cement Pre-heating on the Push-out Bond Strength of Fiber Post to Root Canal Dentin. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2015;9(4):233-238.

(88) Watzke R, Frankenberger R, Naumann M. Different scanning electron microscopic evaluation methods of cement interface homogeneity of adhesively luted glass fiber posts. *Acta Odontol Scand* 2011;69(2):101-107.

(89) Yaman BC, Ozer F, Takeichi T, Karabucak B, Koray F, Blatz MB. Effect of thermomechanical aging on bond strength and interface morphology of glass fiber and zirconia posts bonded with a self-etch adhesive and a self-adhesive resin cement to natural teeth. *J Prosthet Dent* 2014;112(3):455-464.

(90) Sarkis-Onofre R, Skupien JA, Cenci MS, Moraes RR, Pereira-Cenci T. The role of resin cement on bond strength of glass-fiber posts luted into root canals: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Oper Dent* 2014;39(1):E31-E44.

(91) Kul E, Yeter KY, Aladag LI, Ayrancı LB. Effect of different post space irrigation procedures on the bond strength of a fiber post attached with a self-adhesive resin cement. *J Prosthet Dent* 2016;115(5):601-605.

(92) Pereira JR, Lins do Valle A, Ghizoni JS, Lorenzoni FC, Ramos MB, Só MVR. Push-out bond strengths of different dental cements used to cement glass fiber posts. *J Prosthet Dent* 2013;110(2):134-140.

(93) Shafiei F, Mohammadparast P, Jowkar Z. Adhesion performance of a universal adhesive in the root canal: Effect of etch-and rinse vs. self-etch mode. *Plos One* 2018;13(4):e0195367.

(94) Moraes A, Sarkis-Onofre R, Moraes R, Cenci M, Soares C, Pereira-Cenci T. Can Silanization Increase the Retention of Glass-fiber posts? A Systematic Review and Meta-analysis of In Vitro Studies. *Oper Dent* 2015;40(6):567-580.

(95) Mosharraf R, Ranjbarian P. Effects of post surface conditioning before silanization on bond strength between fiber post and resin cement. *J Adv Prosthodont* 2013;5:126-32.

(96) Uzun I, Arslan H, Doğanay E, Güler B, Keskin C, Çapar ID. Fracture resistance of endodontically treated roots with oval canals restored with oval and circular posts. *J Endod* 2015;41(4):539.

(97) Othman HI, Elshinawy MI, Abdelaziz KM. Retention of fiber posts to the optimally and over-prepared dowel spaces. *J Adv Prosthodont* 2013;5:16-20.

(98) Penelas AG, Piedade VM, Borges, Ana Carolina Oliveira da Silva, Poskus LT, da Silva EM, Guimarães JGA. Can cement film thickness influence bond strength and fracture resistance of fiber reinforced composite posts? *Clin Oral Investig* 2015;20(4):849-855.

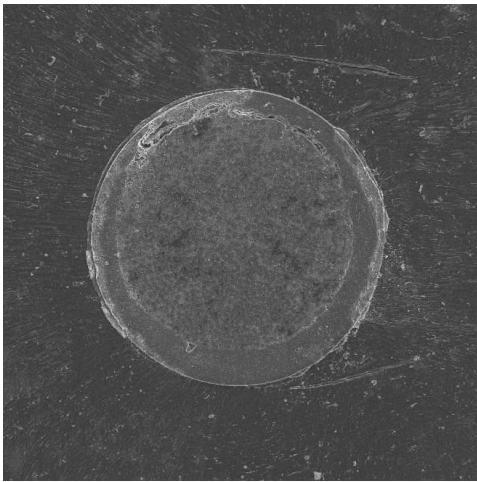
(99) Pupo Y, Casacqui E, Lima Pd, Michél M, Bueno A, Michelotto A. Morphology of root canal surface: A reflection on the process of cementation of the composite relined glass fiber post. *Indian J Dent Res* 2017;28(1):59-65.

# 9. ANEXOS

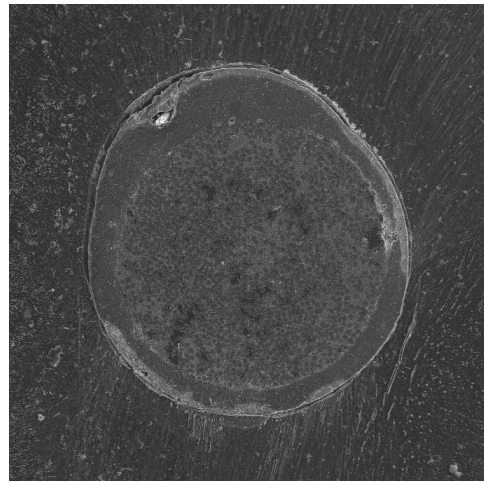
## ANEXO 1: Imágenes MEB de cortes transversales 50x.

<b>Muestra = N° corte</b>	<b>Corte = De apical a coronal</b>	<b>Grupo = G</b>
	Apical 1	<b>G1</b> Sin acondicionamiento
	Apical 2	<b>G2</b> Ácido ortofosfórico
	Medio 1	<b>G3</b> EDTA
	Medio 2	<b>Subgrupo = S</b>
	Coronal 1	<b>S1</b> Rebilda® DC
	Coronal 2	<b>S2</b> Bifix® SE

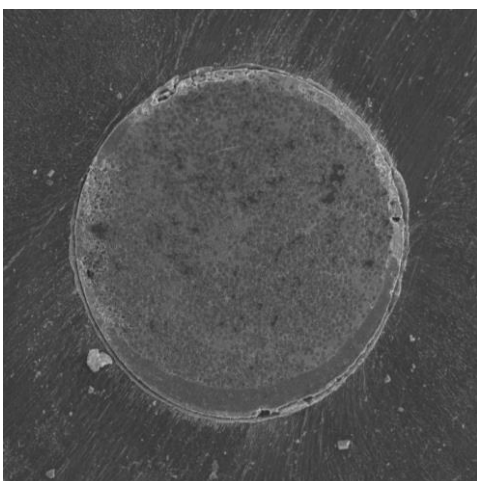
Figura 29



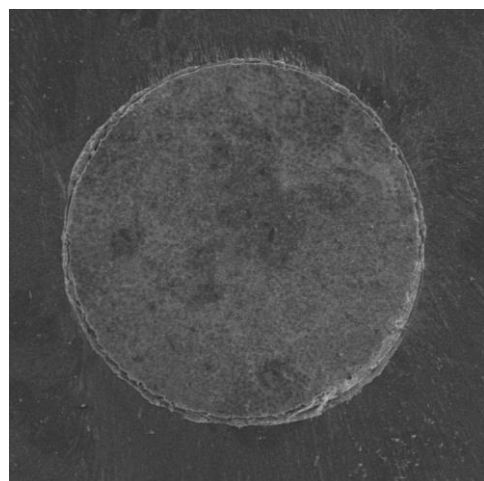
Muestra 1 Apical 1 G1 S1 (A)



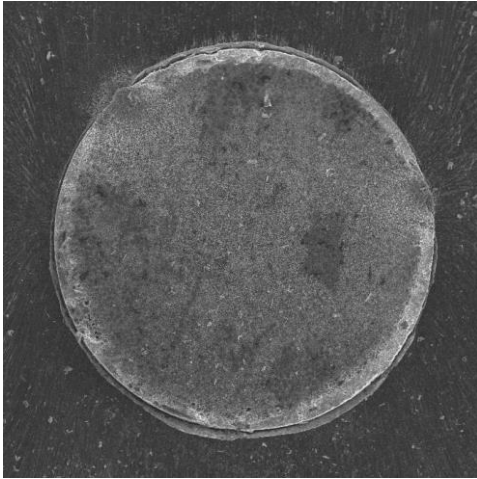
Muestra 2 Apical 2 G1 S1 (B)



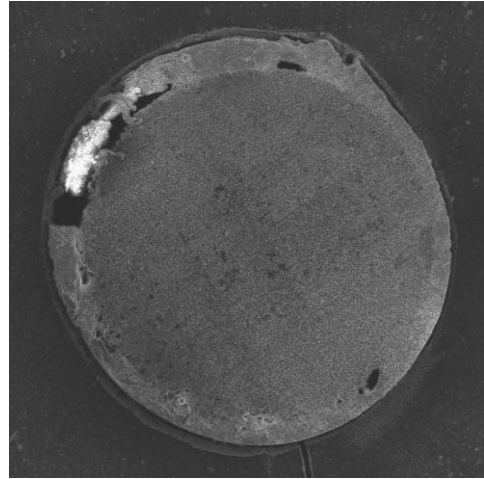
Muestra 3 Medio 1 G1 S1 (C)



Muestra 4 Medio 2 G1 S1 (D)



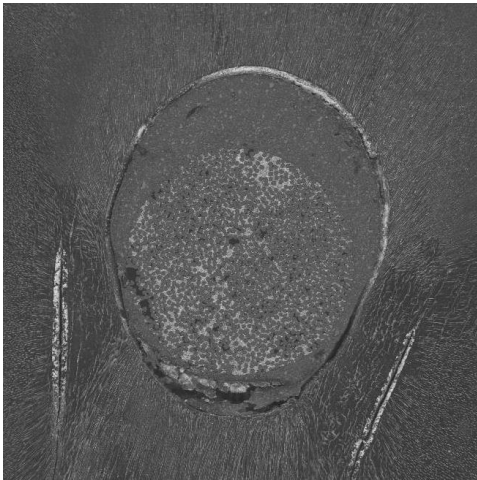
Muestra 5 Coronal 1 G1 S1 (E)



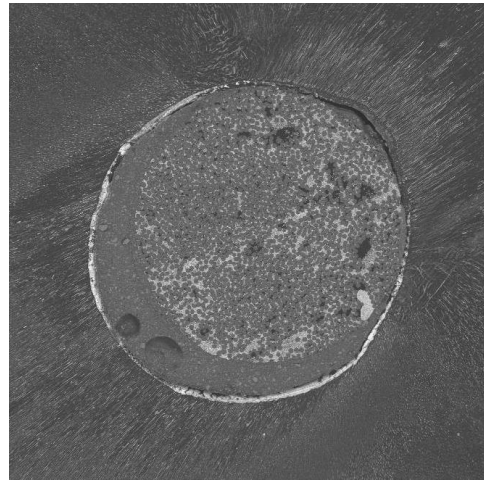
Muestra 6 Coronal 2 G1 S1 (F)

**Figura 29:** Imágenes de muestras del grupo G1 (sin acondicionamiento del lecho) subgrupo S1 (cemento de resina convencional más adhesivo universal). En general, podemos apreciar una buena adaptación del poste al conducto con una capa de cemento distribuida de manera uniforme alrededor del poste. **A:** Observamos el primer corte apical con una capa de cemento más gruesa lo que da lugar a la aparición de gaps en algunas zonas del mismo; el nitrato de plata presenta una distribución irregular a lo largo de la interfase cemento-dentina; además, una pequeña alteración en la interfase poste-cemento no valorable por no presentar tinción en su interior. **B:** Segundo corte apical con deposición de nitrato de plata bastante abundante en la interfase dentina-cemento, una zona llamativa en la zona superior, donde la capa de cemento es más gruesa, con una burbuja con deposición de nitrato de plata. **C:** Primer corte de la zona media en el que la capa de cemento se va estrechando y observamos nitrato de plata en la zona superior de la interfase dentina-cemento. **D:** Segundo corte medio con espesor de la capa de cemento muy fina, casi inapreciable; deposición de nitrato de plata poco abundante. **E:** Primer corte coronal con deposición de nitrato de plata de forma irregular en interfase dentina-cemento; espesor de cemento muy uniforme. **F:** Segundo corte coronal donde se observa un *gap* muy llamativo en el seno del cemento en la zona superior que produce una desadaptación que afecta a ambas interfaces cemento-dentina y cemento-poste donde se ha depositado el nitrato de plata.

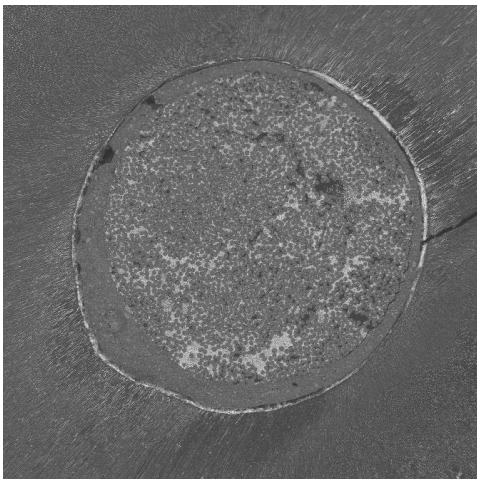
**Figura 30**



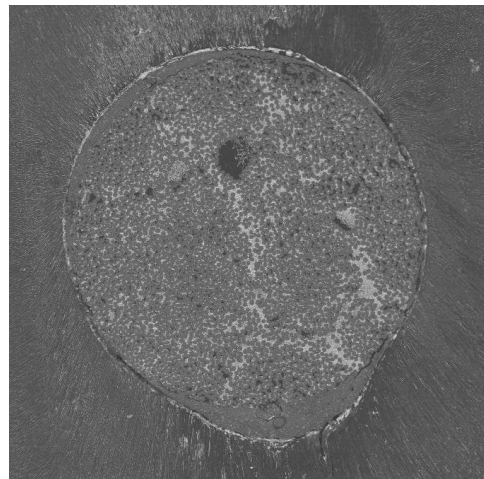
Muestra 7 Apical 1 G2 S1 (A)



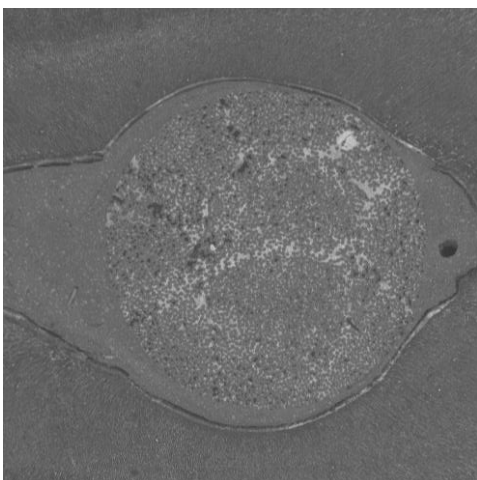
Muestra 8 Apical 2 G2 S1 (B)



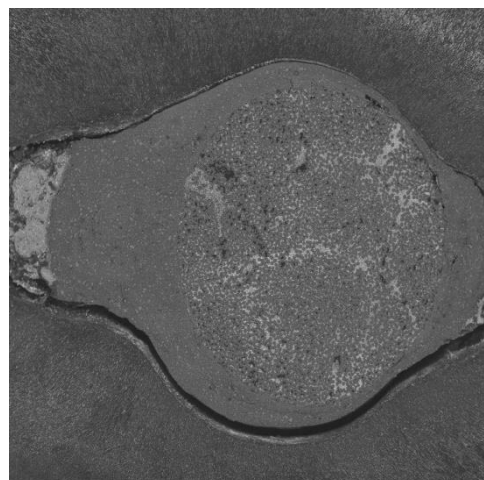
Muestra 9 Medio 1 G2 S1 (C)



Muestra 10 Medio 2 G2 S1 (D)



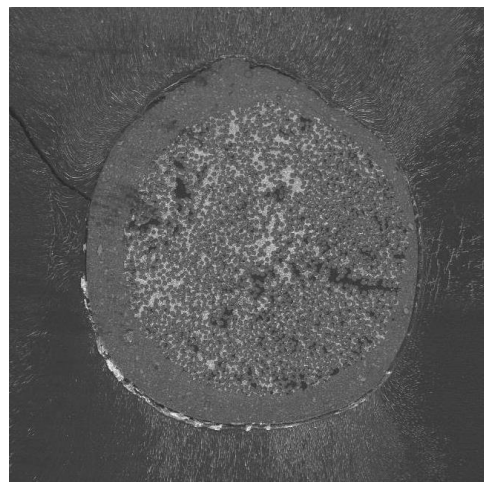
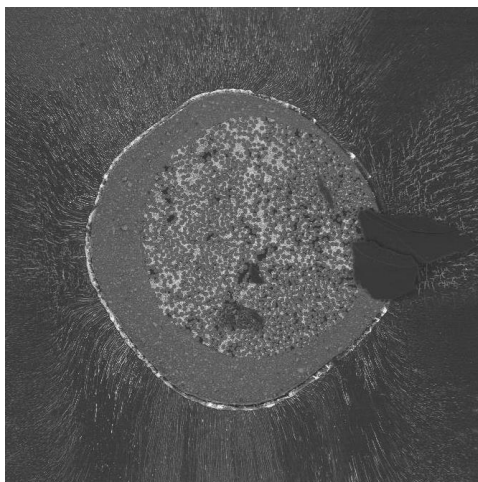
Muestra 11 Coronal 1 G2 S1 (E)



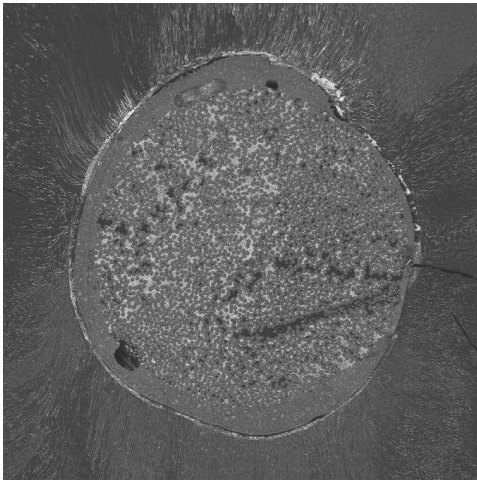
Muestra 12 Coronal 2 G2 S1 (F)

**Figura 30:** Imágenes de muestras del grupo G2 (acondicionamiento con ácido fosfórico) subgrupo S1 (cemento de resina convencional más adhesivo universal). En todas ellas la deposición de nitrato de plata es abundante y se observa de forma llamativa también en los túbulos dentinarios, por el grabado con ácido fosfórico. La distribución de las fibras en la matriz del poste es bastante uniforme, aunque hay zonas con elevada concentración de las mismas donde prácticamente no se aprecian espacios entre ellas; tampoco se ven defectos de unión entre sus componentes. En la zona de unión cemento-poste se observa una interfase cerrada en todos los casos. **A:** Primer corte apical con un espesor de cemento muy grueso y elevada deposición de nitrato de plata en la interfase dentina-cemento; se observa una burbuja en la zona interna del cemento de la parte inferior de la muestra, con leve deposición de nitrato. **B:** Aquí observamos una capa gruesa de cemento y una deposición elevada de nitrato en la interfase dentina-cemento. **C:** Primer corte de la zona media donde vemos un espesor de cemento menor, más acusado en la zona inferior y elevada filtración por nitrato de plata la interfase dentina-cemento. **D:** Apreciamos una capa de cemento uniforme, de espesor mayor en la zona inferior. La deposición de nitrato de plata se halla manera irregular en la interfase dentina-cemento. **E:** Vemos que el conducto va tornándose ovalado y el espesor de cemento aumenta notablemente. La microfiltración por nitrato de plata no es elevada en la interfase dentina-cemento. **F:** Gran espesor de cemento y muy poco nitrato de plata en la zona más ovalada en los extremos del conducto.

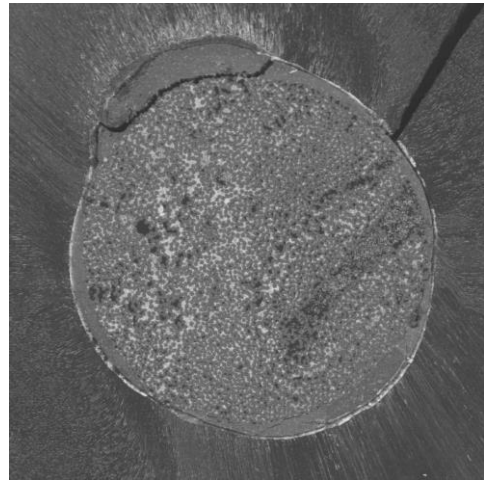
**Figura 31**



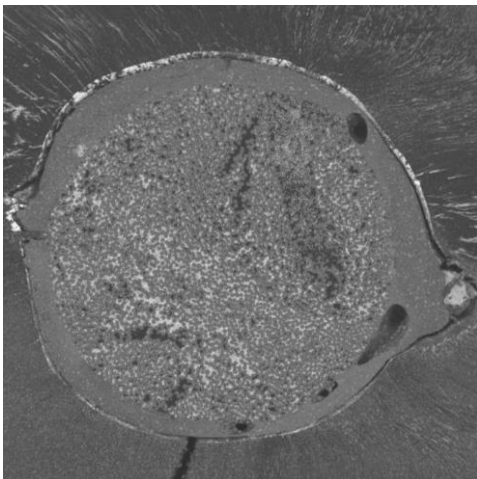
Muestra 13 Apical 1 G3 S1 (A)



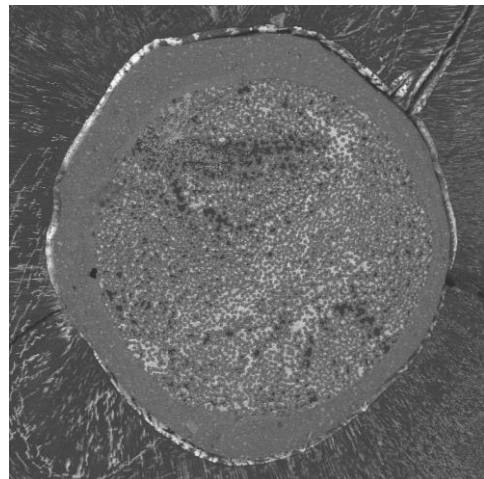
Muestra 14 Apical 2 G3 S1 (B)



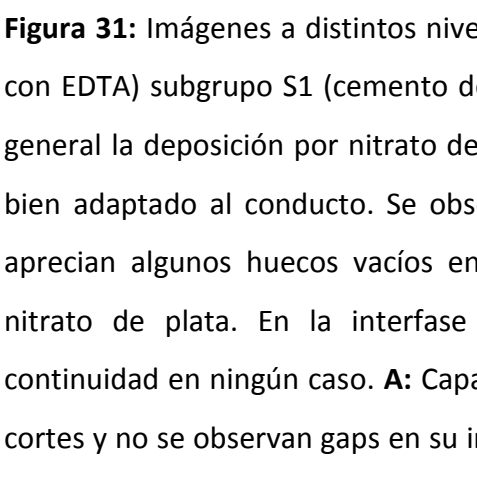
Muestra 15 Medio 1 G3 S1 (C)



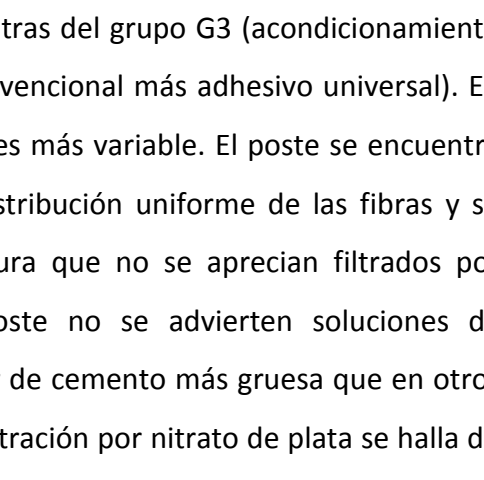
Muestra 16 Medio 2 G3 S1 (D)



Muestra 17 Coronal 1 G3 S1 (E)



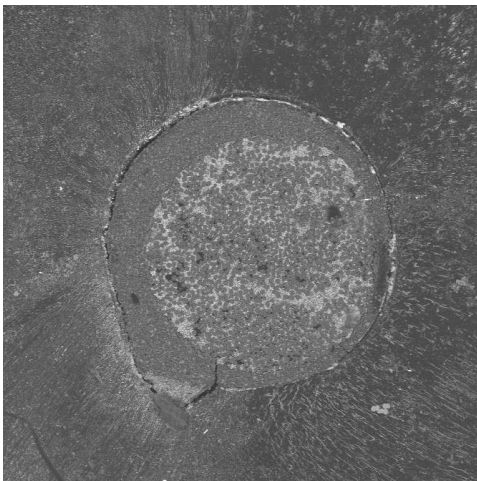
Muestra 18 Coronal 2 G3 S1 (F)



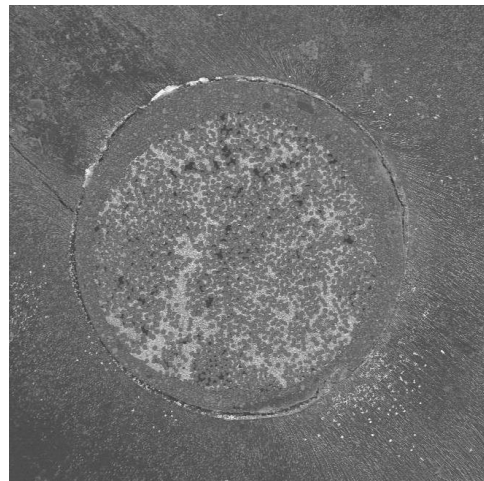
**Figura 31:** Imágenes a distintos niveles de muestras del grupo G3 (acondicionamiento con EDTA) subgrupo S1 (cemento de resina convencional más adhesivo universal). En general la deposición por nitrato de plata aquí es más variable. El poste se encuentra bien adaptado al conducto. Se observa una distribución uniforme de las fibras y se aprecian algunos huecos vacíos en su estructura que no se aprecian filtrados por nitrato de plata. En la interfase cemento-poste no se advierten soluciones de continuidad en ningún caso. **A:** Capa de espesor de cemento más gruesa que en otros cortes y no se observan gaps en su interior; la filtración por nitrato de plata se halla de forma irregular en prácticamente toda la interfase dentina-cemento. **B:** Se observa una capa menor de espesor de cemento, así como disminución de la cantidad de nitrato en

la interfase dentina-cemento, concentrado únicamente en la zona inferior. **C:** Espesor de cemento fino, con alguna burbuja no valorable porque no contiene marcador en su interior; ligera filtración por nitrato de plata en zona superior de interfase cemento-dentina. **D:** Espesor fino de cemento con una desadaptación en la zona superior izquierda, pero no se halla filtrada; la interfase dentina-cemento presenta microfiltración distribuida en el resto de zonas. **E:** Primer corte coronal que presenta una capa de cemento fina y uniforme con dos pequeñas prolongaciones ovales del conducto en ambos laterales, en una de las cuales el cemento no llega bien y se observa microfiltración por nitrato de plata; burbujas en el seno del cemento no valorables por ausencia de tinción. **F:** Apreciamos un espesor de cemento muy uniforme y filtración irregular en gran parte de la interfase cemento-dentina.

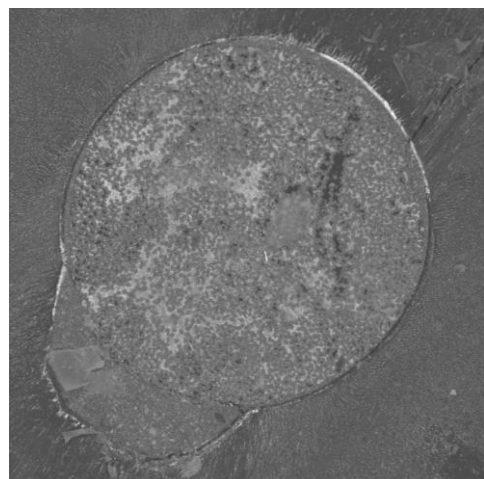
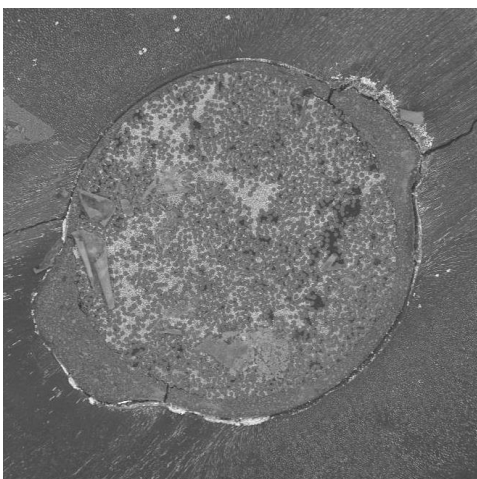
**Figura 32**



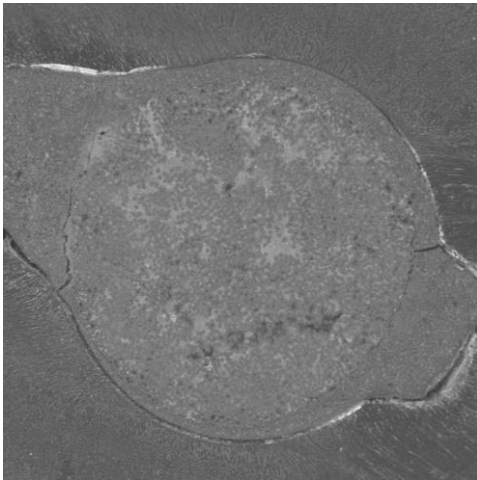
Muestra 19 Apical 1 G1 S2 (A)



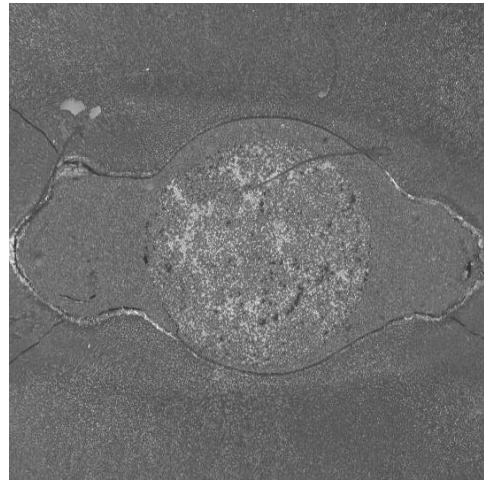
Muestra 20 Apical 2 G1 S2 (B)



Muestra 21 Medio 1 G1 S2 (C)



Muestra 22 Medio 2 G1 S2 (D)

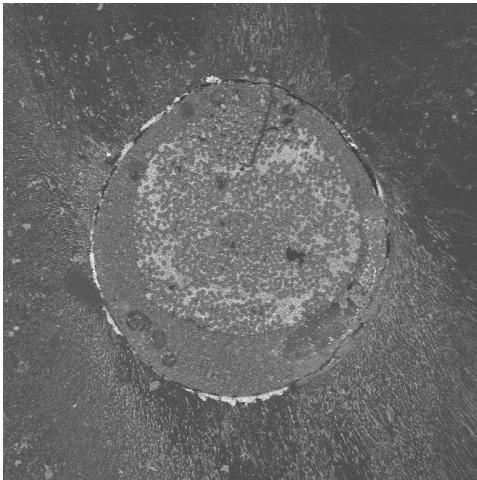


Muestra 23 Coronal 1 G1 S2 (E)

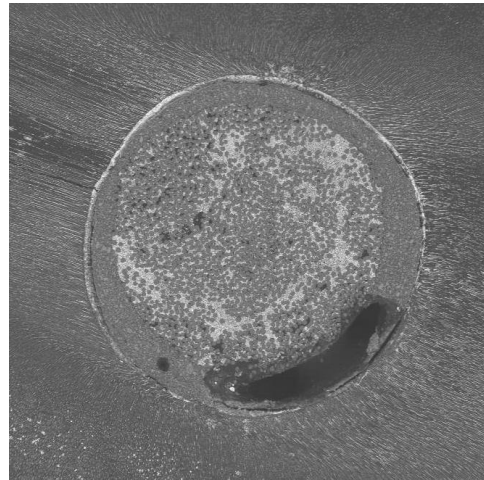
Muestra 24 Coronal 2 G1 S2 (F)

**Figura 32:** Imágenes a distintos niveles de muestras del grupo G1 (sin acondicionamiento) y subgrupo S2 (cemento de resina autoadhesivo). La interfase cemento-poste se encuentra cerrada en todos los casos. La distribución de fibras del poste es bastante regular en general, aunque hay que destacar la presencia de zonas con gran acúmulo de fibras frente a otras más libres. **A:** Primer corte apical donde el espesor de cemento es mayor; poca filtración por nitrato de plata en la interfase dentina-cemento. **B:** Segundo corte apical en el que se observa un espesor de cemento menor y bastante uniforme; se observa muy poca microfiltración. **C:** Primer corte medio donde el conducto comienza a ensancharse en los extremos y el cemento es más grueso, por tanto; la microfiltración se halla en las zonas más anchas principalmente. **D:** Segundo corte medio donde apreciamos un espesor de cemento fino, exceptuando uno de los extremos del conducto donde se ensancha considerablemente; la microfiltración es muy leve. **E:** Primer corte coronal donde el conducto torna ovalado y se observa elevado espesor de cemento en los extremos, donde se deposita el nitrato de plata en la interfase dentina-cemento. **F:** Segundo corte coronal, realizado a 25x para su mejor visualización debido a que el conducto es ovalado y con elevado espesor de cemento en los extremos, donde se halla el nitrato.

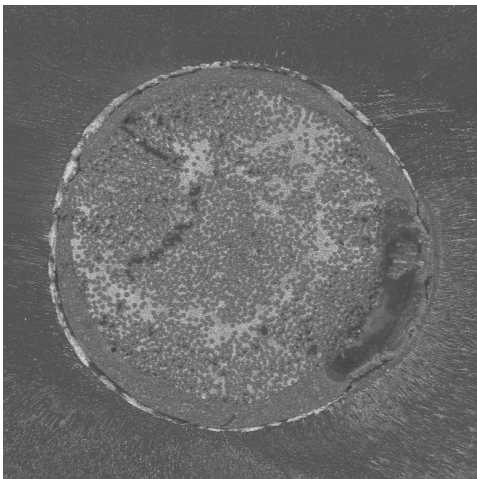
**Figura 33**



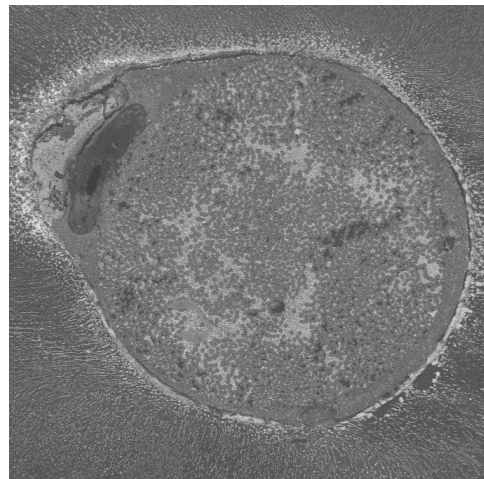
Muestra 25 Apical 1 G2 S2 (A)



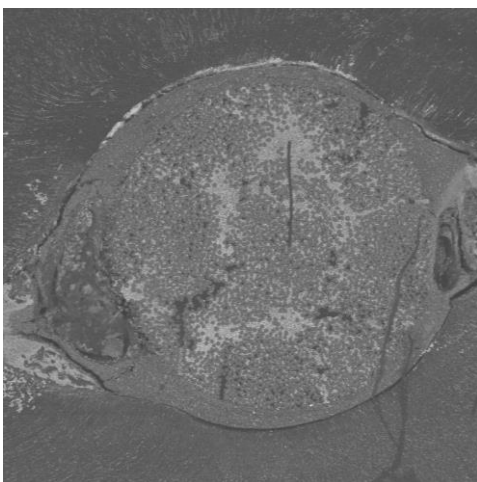
Muestra 26 Apical 2 G2 S2 (B)



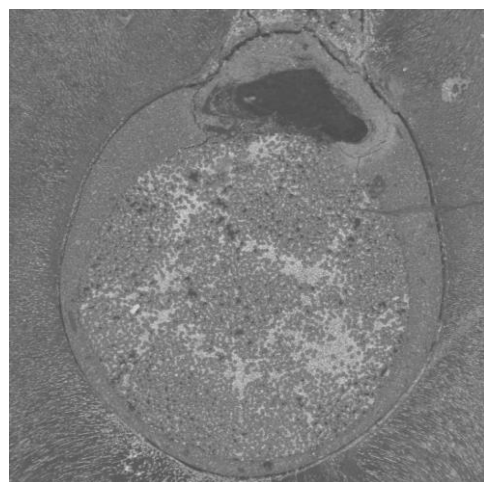
Muestra 27 Medio 1 G2 S2 (C)



Muestra 28 Medio 2 G2 S2 (D)



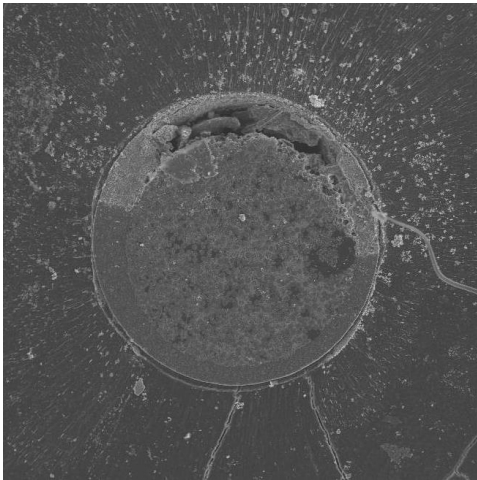
Muestra 29 Coronal 1 G2 S2 (E)



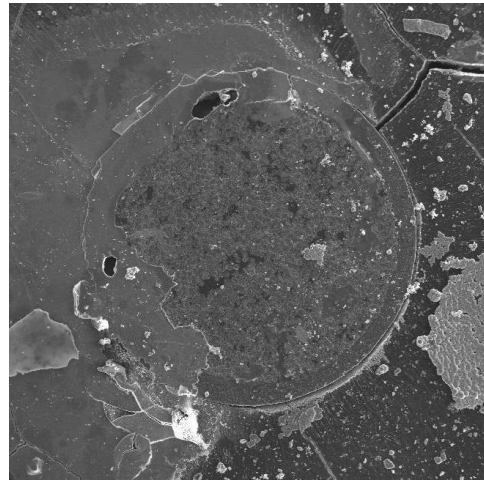
Muestra 30 Coronal 2 G2 S2 (F)

**Figura 33:** Imágenes a distintos niveles de muestras del grupo G2 (acondicionamiento con ácido fosfórico) y subgrupo S2 (cemento de resina autoadhesivo). Los túbulos dentinarios vistos de forma longitudinal están ocupados por nitrato de plata debido al grabado previo con ácido fosfórico. El poste muestra una distribución de fibras bastante homogénea. **A:** Aquí observamos una capa de cemento gruesa con numerosos gaps no ocupados por nitrato; en la interfase cemento-dentina si apreciamos nitrato distribuido de manera irregular. **B:** Se observa una burbuja de cemento que afecta a las interfases cemento-dentina y cemento-poste, no ocupada por nitrato de plata. La interfase dentina-cemento se halla ocupada por nitrato en prácticamente toda su extensión. **C:** Aquí apreciamos una capa de cemento de espesor uniforme y en la zona inferior una burbuja sin nitrato en su interior, sin embargo, la interfase dentina-cemento se encuentra prácticamente ocupada por el marcador. **D:** Segundo corte medio con espesor de cemento uniforme y continuamos observando la burbuja en el cemento sin nitrato de plata en su interior; la superficie de la interfase cemento-dentina filtrada sigue siendo elevada. **E:** En este corte observamos que el conducto torna ovalado y se encuentran burbujas en ambos lados, donde el espesor de cemento aumenta, no ocupadas por nitrato pero si se halla alrededor. La restante interfase dentina-cemento se encuentra filtrada en la mitad de su extensión. **F:** Aquí apreciamos una burbuja sin presencia de colorante en la única zona donde se ensancha el cemento, que afecta a la interfase cemento-poste; el espesor de cemento restante es uniforme; la microfiltración de la interfase cemento-dentina es leve.

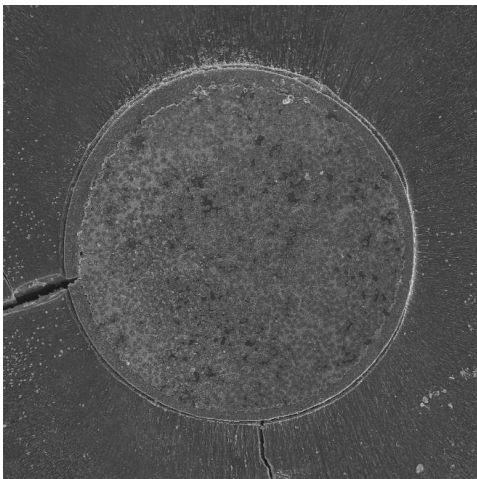
**Figura 34**



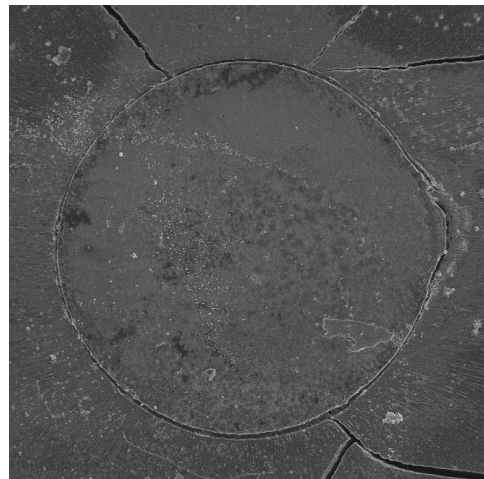
Muestra 31 Apical 1 G3 S2 (A)



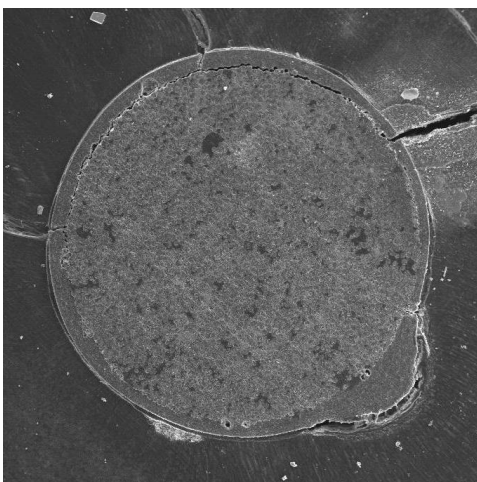
Muestra 32 Apical 2 G3 S2 (B)



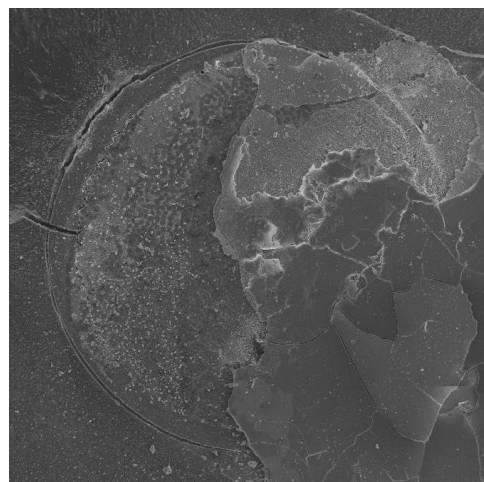
Muestra 33 Medio 1 G3 S2 (C)



Muestra 34 Medio 2 G3 S2 (D)



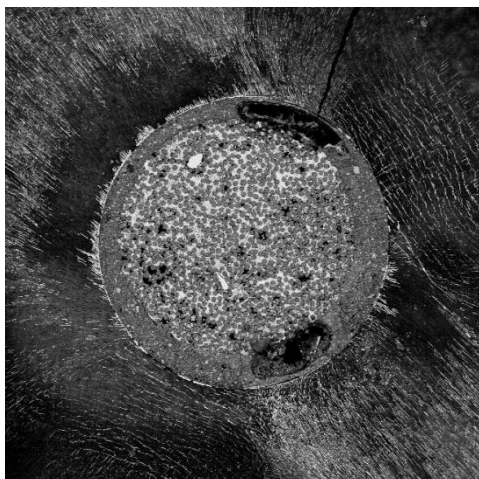
Muestra 35 Coronal 1 G3 S2 (E)



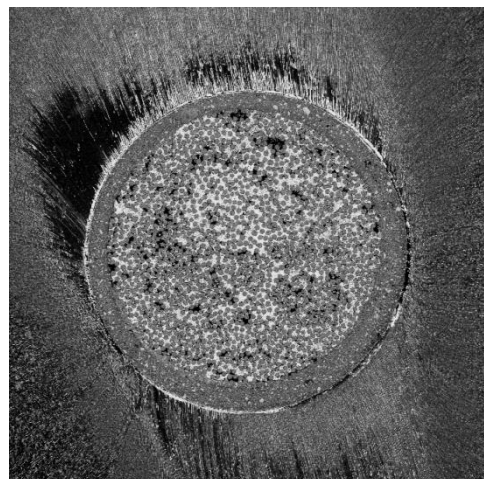
Muestra 36 Coronal 2 G3 S2 (F)

**Figura 34:** Imágenes a diferentes niveles de muestras del grupo G3 (acondicionamiento con EDTA) y subgrupo S2 (cemento de resina autoadhesivo). El conducto en general es redondo con espesores de cemento muy uniformes en toda la extensión. En algunas imágenes podemos apreciar defectos por deposición de materiales en la superficie de los cortes que se han producido durante la preparación de las muestras para su posterior observación. **A:** Primer corte apical en el cual aparece un gap en el espesor del cemento que afecta a ambas interfases en la zona superior, no valorable por no hallarse ocupado por nitrato de plata; no se observa elevada filtración en la interfase. **B:** Segundo corte apical donde observamos defectos de superficie por deposición de desechos en la mitad de su extensión; en la otra mitad observamos deposición por nitrato en la interfase cemento-dentina. **C:** Primer corte medio donde observamos un espesor de cemento muy fino y homogéneo en todo el perímetro; además microfiltración por nitrato de plata en gran parte de la interfase dentina-cemento. **D:** Segundo corte medio donde observamos muy poca microfiltración de interfase. **E:** Primer corte coronal con espesor fino de cemento exceptuando una pequeña zona más ancha donde aparece microfiltración por nitrato. **F:** En este corte vuelven a aparecer defectos por deposición de desechos en la mitad de la superficie; la otra mitad se halla levemente filtrada por nitrato.

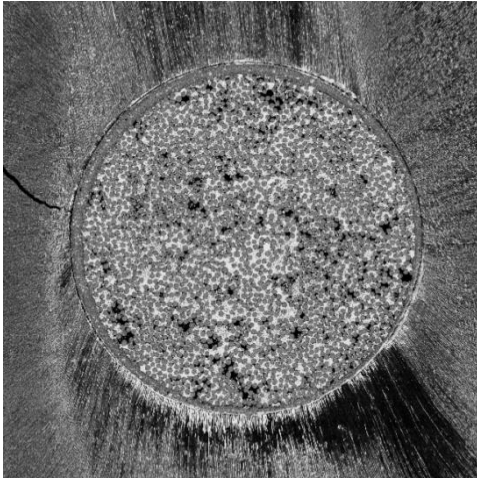
**Figura 35**



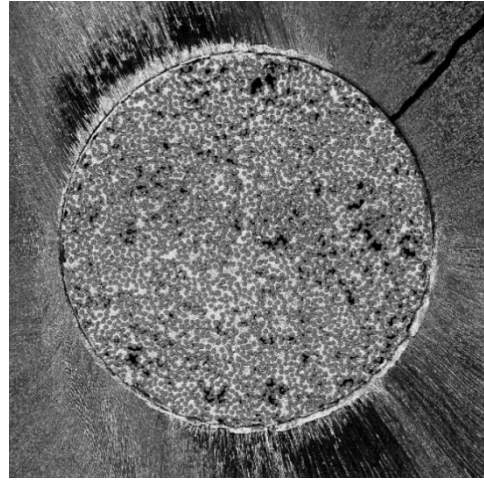
Muestra 37 Apical 1 G1 S1 (A)



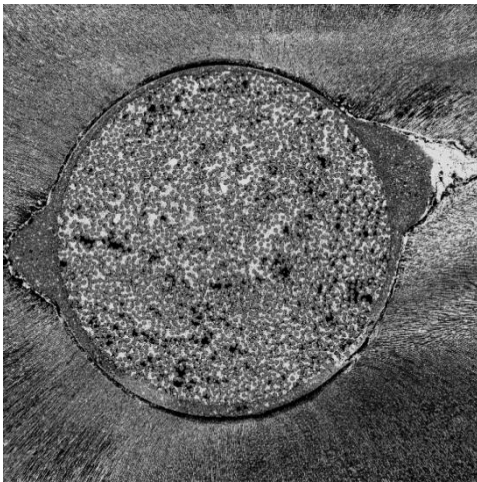
Muestra 38 Apical 2 G1 S1 (B)



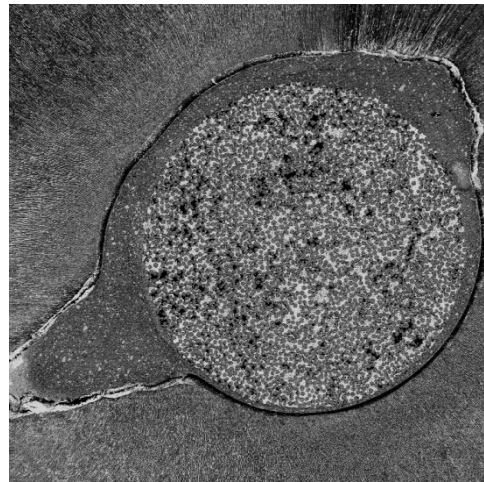
Muestra 39 Medio 1 G1 S1 (C)



Muestra 40 Medio 2 G1 S1 (D)



Muestra 41 Coronal 1 G1 S1 (E)

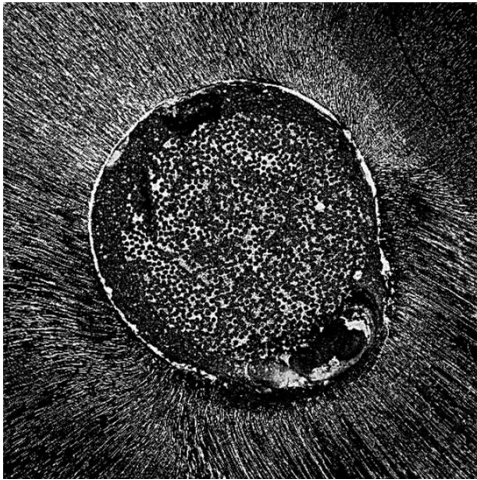


Muestra 42 Coronal 2 G1 S1 (F)

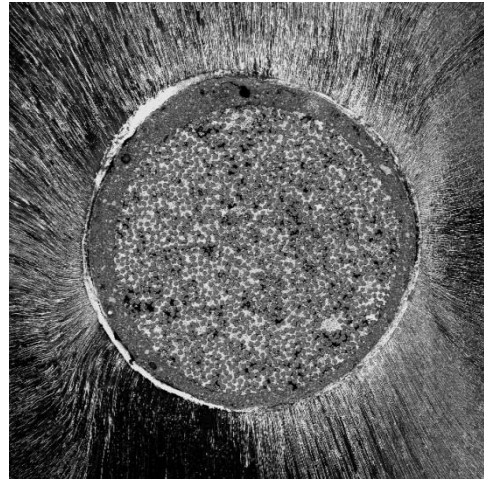
**Figura 35:** Imágenes de muestras del grupo G1 (sin acondicionamiento del lecho) subgrupo S1 (cemento de resina convencional más adhesivo universal). En todas ellas la distribución de fibras en la matriz de resina es muy uniforme. En general, se aprecia una buena adaptación del poste al conducto que se pierde ligeramente a nivel coronal porque el conducto torna ovalado. **A:** Primer corte apical donde apreciamos un espesor de cemento muy uniforme interrumpido por dos gaps que afectan a ambas interfases sin tinción en su interior. La filtración por nitrato en la interfase cemento-dentina es irregular. **B:** Segundo corte apical que muestra elevada microfiltración de interfase cemento-dentina y continúa con espesor de cemento uniforme. **C:** En esta imagen observamos tinción por nitrato de plata en la interfase más acentuada en la mitad de la misma. **D:** Segundo corte medio donde prácticamente es inapreciable el

cemento debido a su reducido espesor; la filtración por nitrato es abundante en la interfase cemento-dentina. **E:** Aquí el conducto torna ligeramente ovalado y se observa filtración por nitrato de plata en los extremos de la interfase cemento-dentina, donde el cemento debería difundir y adaptarse correctamente. **F:** Segundo corte coronal donde observamos que el conducto cada vez es más ovalado, en sus prolongaciones laterales se sitúa la filtración por nitrato de plata; el espesor de cemento, por tanto, es irregular a lo largo del conducto.

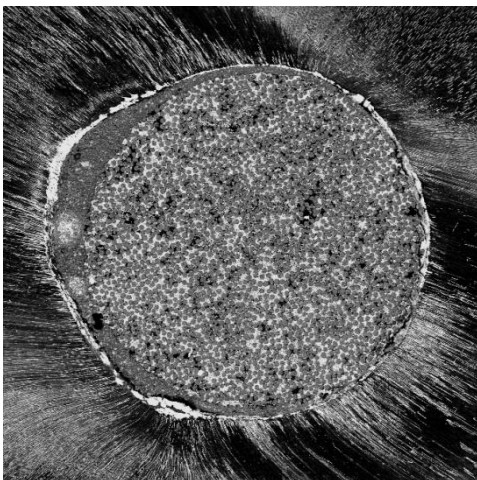
**Figura 36**



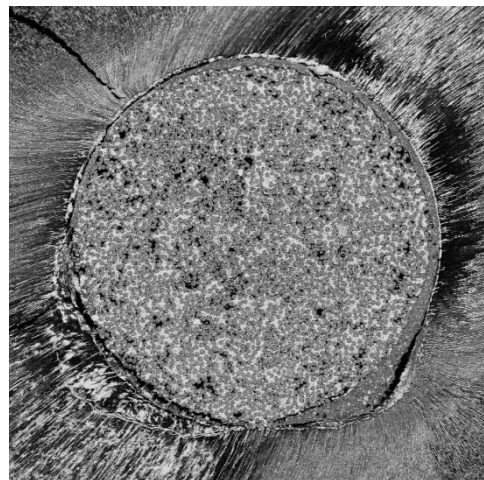
Muestra 43 Apical 1 G2 S1 (A)



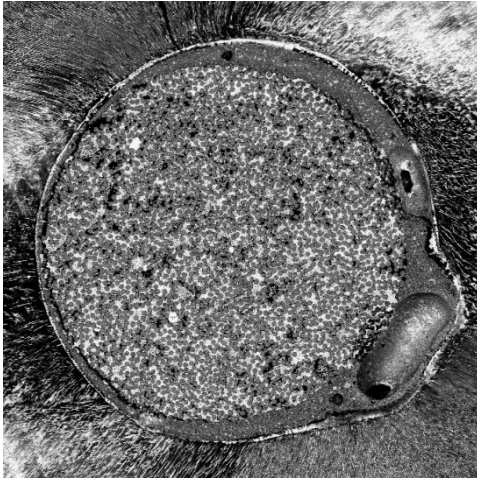
Muestra 44 Apical 2 G2 S1 (B)



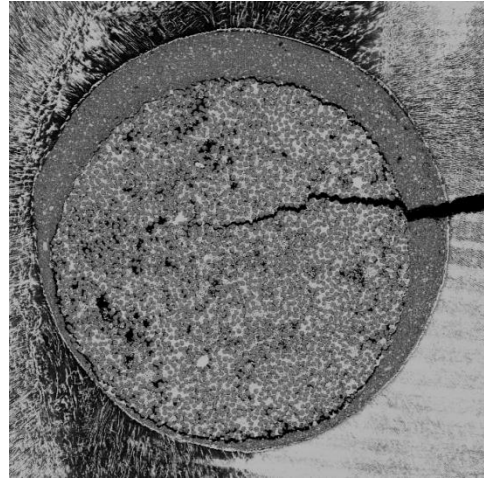
Muestra 45 Medio 1 G2 S1 (C)



Muestra 46 Medio 2 G2 S1 (D)



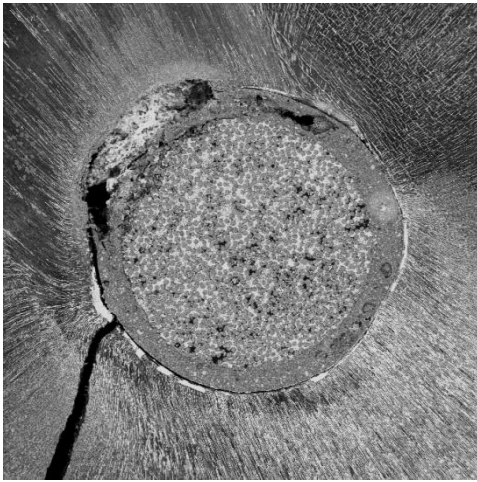
Muestra 47 Coronal 1 G2 S1 (E)



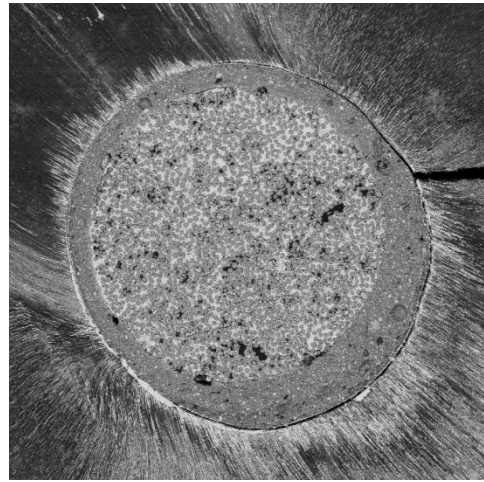
Muestra 48 Coronal 2 G2 S1 (F)

**Figura 36:** Imágenes de muestras del grupo G2 (acondicionamiento con ácido fosfórico) subgrupo S1 (cemento de resina convencional más adhesivo universal). Se observa de forma llamativa el nitrato de plata ocupando los túbulos dentinarios longitudinales debido al grabado con ácido fosfórico. En conducto es circular en general y el poste se encuentra perfectamente adaptado al conducto. La distribución de fibras en la matriz del poste es prácticamente homogénea. **A:** Primer corte apical donde vemos un gap en el seno del cemento parcialmente ocupado por nitrato de plata, que afecta a ambas interfases en una zona del conducto donde se ensancha ligeramente el cemento; en la interfase cemento-dentina la ocupación por el marcador es muy abundante. **B:** En este corte el espesor de cemento es muy homogéneo y la filtración por nitrato se halla en la interfase cemento-dentina en la mitad de su extensión. **C:** Primer corte medio donde el nitrato de plata se halla de forma irregular en prácticamente toda la interfase cemento-dentina. **D:** Segundo corte medio donde se aprecia desadaptación entre el cemento y la dentina en la zona inferior derecha, no filtrada por nitrato; la microfiltración de la interfase es leve e irregular. **E:** Aquí apreciamos de nuevo un gap en el seno del cemento en una zona donde la capa de cemento es más gruesa, no ocupada por nitrato; en la interfase cemento-dentina si hay filtración por nitrato abundante. **F:** Segundo corte coronal donde podemos visualizar una grieta en la dentina, cemento y poste no ocupada por nitrato de plata; la filtración de la interfase cemento-dentina es muy leve.

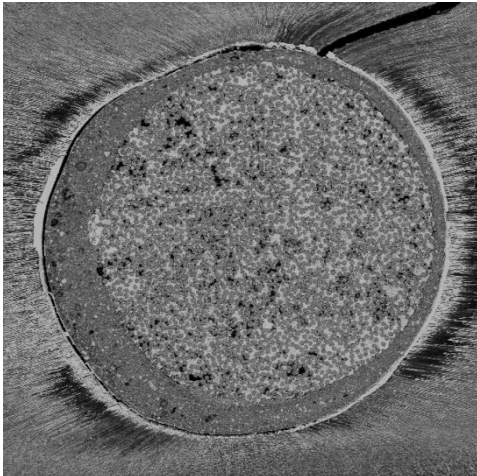
**Figura 37**



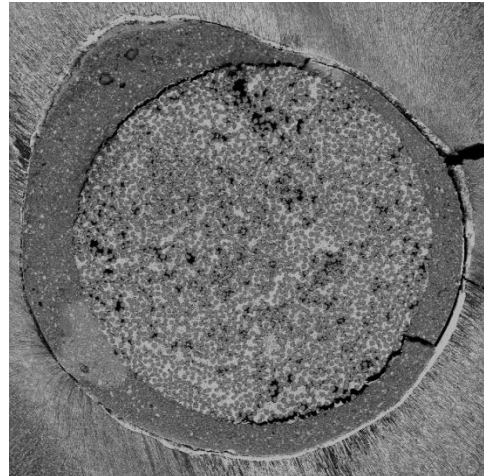
Muestra 49 Apical 1 G3 S1 (A)



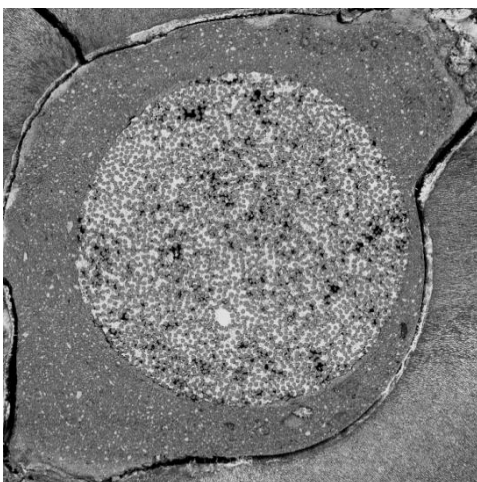
Muestra 50 Apical 2 G3 S1 (B)



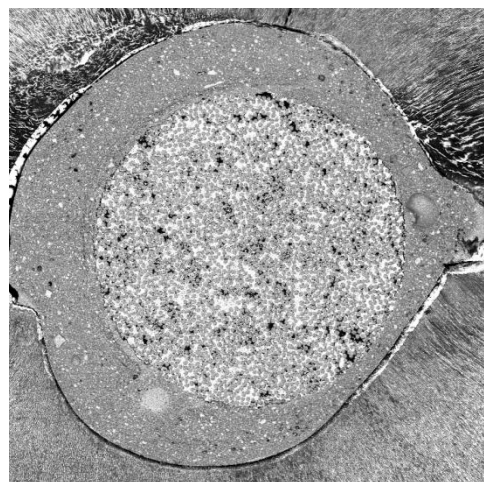
Muestra 51 Medio 1 G3 S1 (C)



Muestra 52 Medio 2 G3 S1 (D)



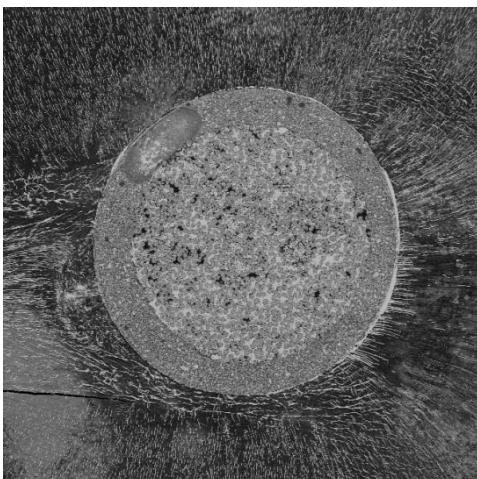
Muestra 53 Coronal 1 G3 S1 (E)



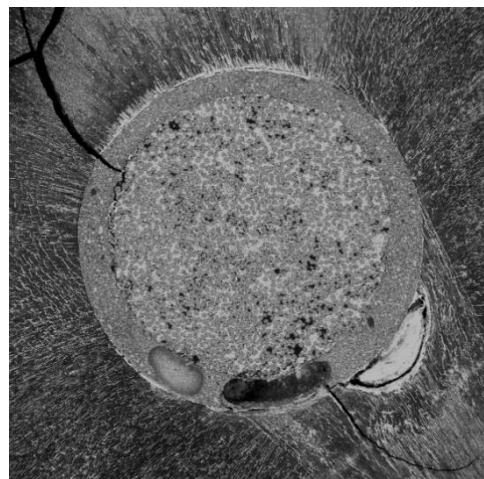
Muestra 54 Coronal 2 G3 S1 (F)

**Figura 37:** Imágenes a distintos niveles de muestras del grupo G3 (acondicionamiento con EDTA) subgrupo S1 (cemento de resina convencional más adhesivo universal). En todas ellas observamos una distribución bastante homogénea de las fibras en la matriz del poste. El espesor de cemento va aumentando progresivamente de apical a coronal, donde el conducto torna ovalado. No hay soluciones de continuidad en la interfase cemento-poste. **A:** Primer corte apical donde detectamos una burbuja en el cemento que afecta a la interfase cemento-dentina filtrada por nitrato de plata; dicha interfase se encuentra también filtrada por nitrato de forma irregular. **B:** Segundo corte apical donde la filtración por nitrato en la interfase cemento-dentina es menos abundante. **C:** Primer corte medio en el que podemos apreciar elevada cantidad de nitrato de plata depositado en la interfase cemento-dentina. **D:** En esta imagen el espesor de cemento comienza a aumentar al volverse ovalado el conducto; gran parte de la interfase cemento-dentina se halla filtrada por el marcador. **E:** Primer corte coronal donde el espesor de cemento aumenta de forma notoria en los extremos, donde hay filtración por nitrato ligera en la interfase cemento-dentina, en el resto del conducto en esta interfase también se sitúa el nitrato de plata de forma irregular. **F:** Aquí el nitrato de plata se halla en la interfase cemento-dentina especialmente en los extremos donde el conducto es más ancho.

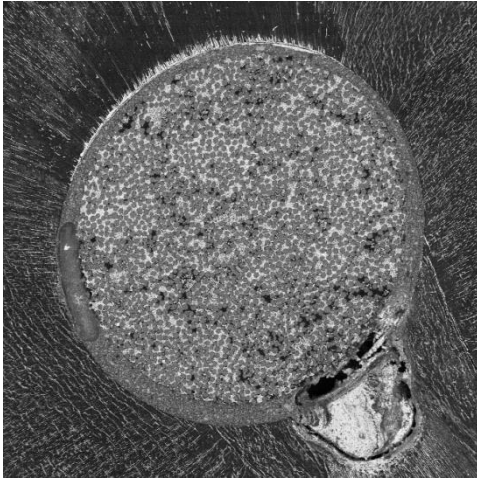
**Figura 38**



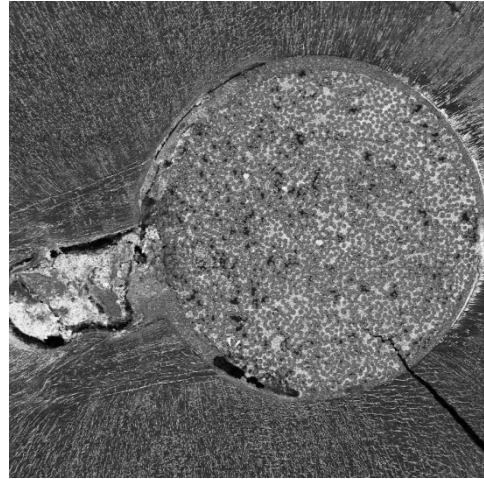
Muestra 55 Apical 1 G1 S2 (A)



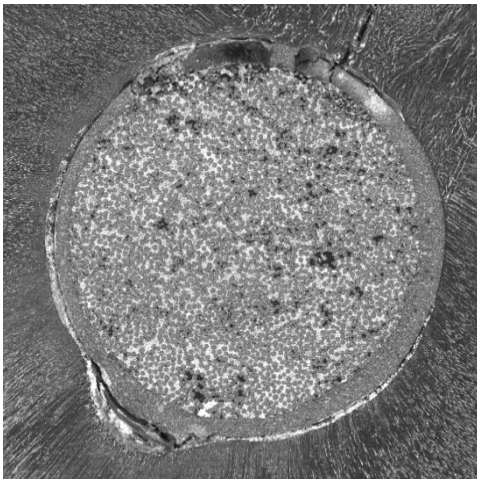
Muestra 56 Apical 2 G1 S2 (B)



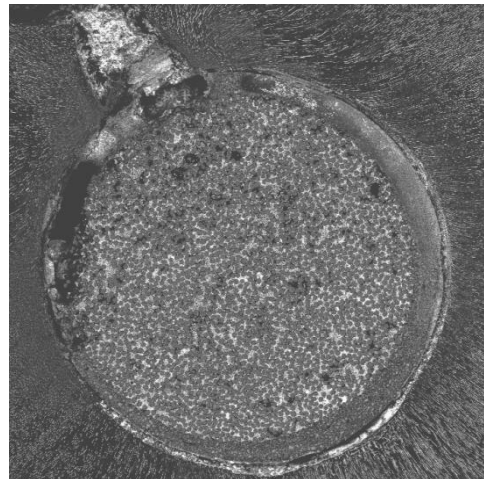
Muestra 57 Medio 1 G1 S2 (C)



Muestra 58 Medio 2 G1 S2 (D)



Muestra 59 Coronal 1 G1 S2 (E)

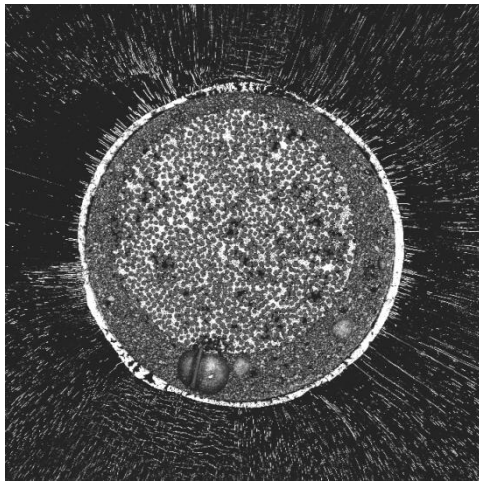


Muestra 60 Coronal 2 G1 S2 (F)

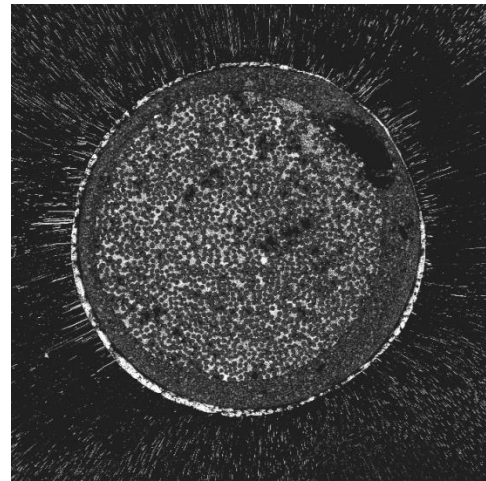
**Figura 38:** Imágenes a distintos niveles de muestras del grupo G1 (sin acondicionamiento) y subgrupo S2 (cemento de resina autoadhesivo). El poste se encuentra bien adaptado al conducto radicular. Las fibras en la matriz de resina se encuentran distribuidas de forma bastante homogénea. **A:** Primer corte apical donde vemos poca microfiltración en la interfase cemento-dentina, únicamente en extremo derecho y en la zona opuesta una burbuja que afecta a ambas interfaces con ligera deposición de nitrato de plata. **B:** Segundo corte apical con capa de cemento muy uniforme, únicamente se ensancha ligeramente el conducto en la esquina inferior derecha y esa zona está filtrada por nitrato de plata. También hallamos dos burbujas en el cemento no ocupadas por nitrato y leve filtración de nitrato en la interfase cemento-dentina en la parte superior izquierda de la imagen. **C:** Primer corte medio

donde observamos prácticamente lo mismo, en la esquina inferior derecha el conducto se ensancha y ese ensanchamiento presenta nitrato de plata; en la esquina superior izquierda hay filtración de nitrato en la interfase cemento-dentina. **D:** Segundo corte medio donde continúa en el lado izquierdo la zona ovalada de conducto filtrado por nitrato y en el extremo opuesto filtración en la interfase cemento-dentina. **E:** En este corte encontramos filtración por nitrato en la interfase cemento-dentina concentrada en la mitad inferior. **F:** Segundo corte coronal donde observamos de nuevo la zona oval del conducto filtrada por el marcador; en la zona opuesta hay filtración por nitrato en la interfase cemento-dentina.

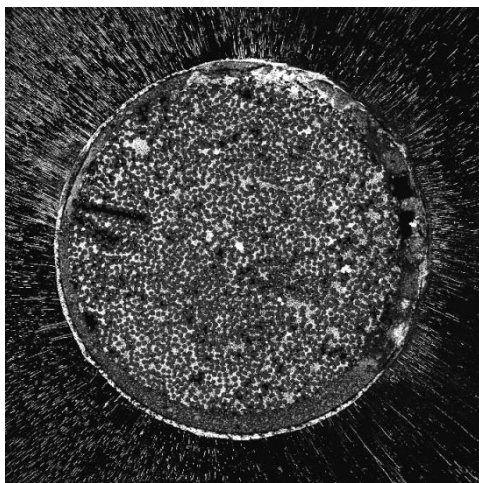
**Figura 39**



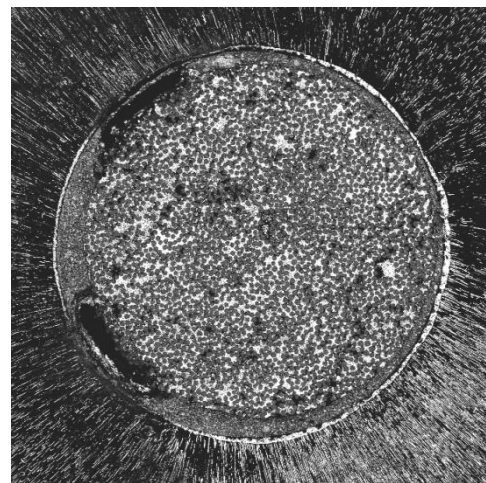
Muestra 61 Apical 1 G2 S2 (A)



Muestra 62 Apical 2 G2 S2 (B)



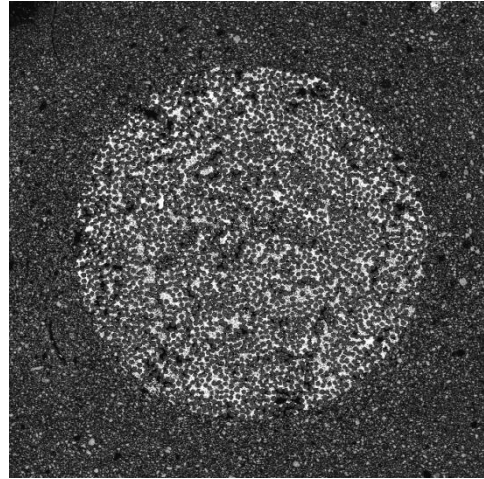
Muestra 63 Medio 1 G2 S2 (C)



Muestra 64 Medio 2 G2 S2 (D)



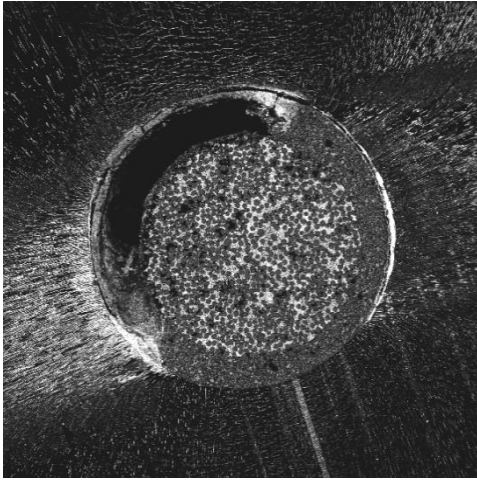
Muestra 65 Coronal 1 G2 S2 (E)



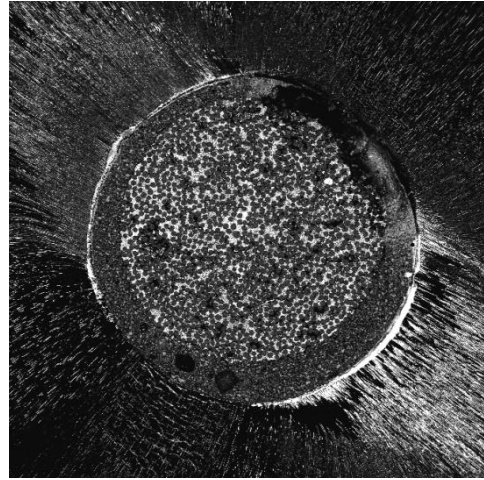
Muestra 66 Coronal 2 G2 S2 (F)

**Figura 39:** Imágenes a distintos niveles de muestras del grupo G2 (acondicionamiento con ácido fosfórico) y subgrupo S2 (cemento de resina autoadhesivo). Las fibras se aprecian distribuidas de forma bastante homogénea en la matriz del poste. Este último se encuentra bien adaptado al conducto con un espesor de cemento bastante uniforme que se ensancha ligeramente en coronal. **A:** Primer corte apical donde la filtración por nitrato de plata ocupa prácticamente toda la interfase cemento-dentina. **B:** Segundo corte apical en el que observamos también una microfiltración por nitrato muy abundante en la interfase con la dentina. **C:** Primer corte medio donde podemos apreciar una filtración de nitrato abundante en la interfase cemento-dentina y en la zona superior vemos un punto donde afecta también a la interfase cemento-poste. **D:** En este corte vemos dos burbujas en el seno del cemento que afectan a ambas interfaces no valorables por no presentar marcador en su interior; exceptuando esas dos zonas la restante interfase cemento-dentina se encuentra filtrada por nitrato. **E:** además una burbuja que afecta a ambas interfaces no filtrada por nitrato y la interfase cemento-dentina abundantemente filtrada. **F:** Segundo corte coronal no valorable porque presenta una capa muy fina de cemento en su superficie que se introdujo como artefacto durante el corte sin advertirlo.

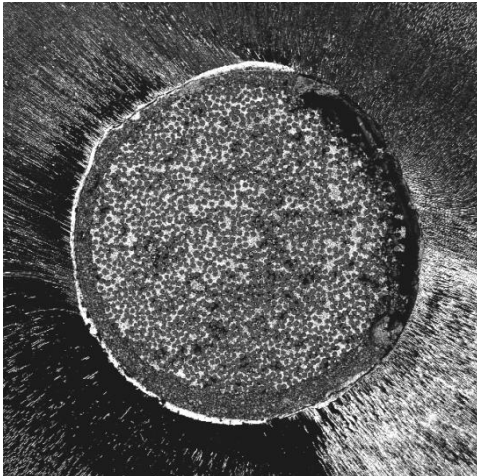
Figura 40



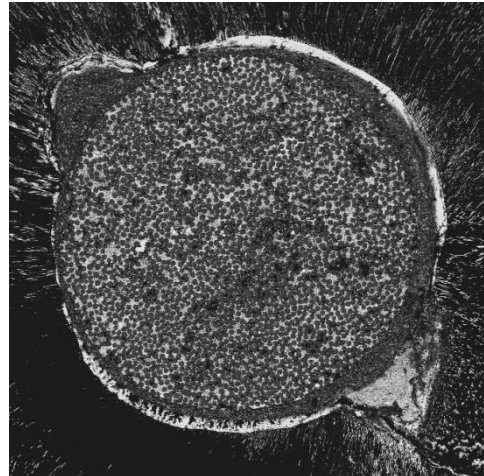
Muestra 67 Apical 1 G3 S2 (A)



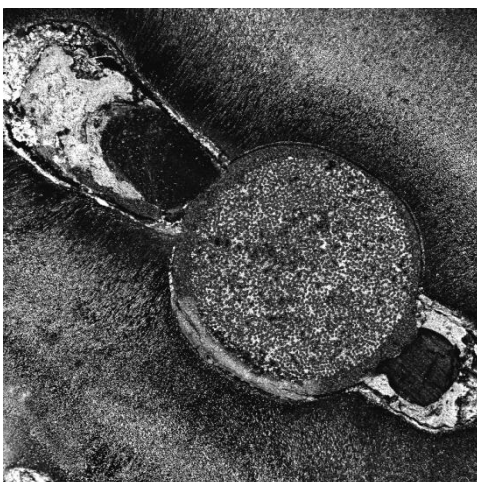
Muestra 68 Apical 2 G3 S2 (B)



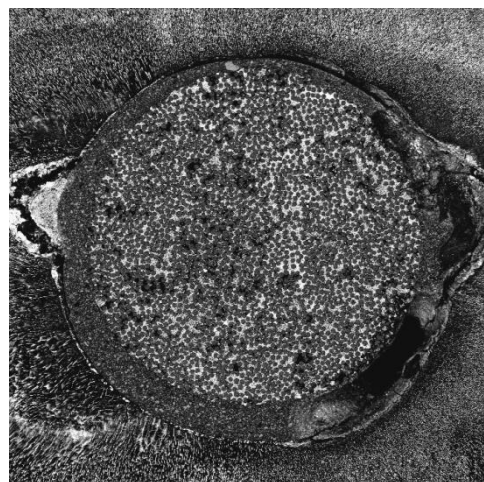
Muestra 69 Medio 1 G3 S2 (C)



Muestra 70 Medio 2 G3 S2 (D)



Muestra 71 Coronal 1 G3 S2 (E)



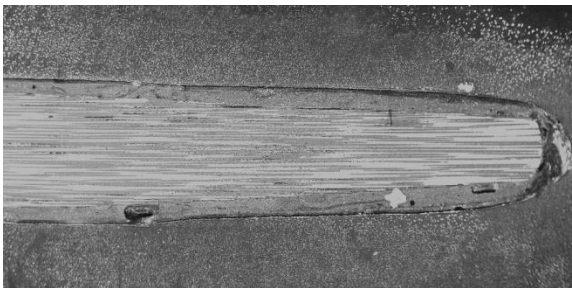
Muestra 72 Coronal 2 G3 S2 (F)

**Figura 40:** Imágenes a distintos niveles de muestras del grupo G3 (acondicionamiento con EDTA) y subgrupo S2 (cemento de resina autoadhesivo). La microfiltración en general se distribuye de forma irregular. El conducto va tornando ovalado hacia coronal. Las fibras del poste se distribuyen de manera regular en la matriz de resina. **A:** Primer corte apical que presenta una gran burbuja que afecta a ambas interfases y no se halla filtrada por nitrato, por tanto, no es valorable; en el lado opuesto apreciamos filtración por nitrato en la interfase cemento-dentina. **B:** Segundo corte apical también presenta una burbuja afectando a ambas interfases no filtrada y en la restante interfase cemento-dentina microfiltración irregular. **C:** Primer corte medio igual que los anteriores presenta una extensa burbuja no filtrada afectando a ambas interfases y en la restante interfase abundando filtración de la interfase cemento-dentina. **D:** En este corte, se observa como el conducto va tornando ovalado y presenta filtración por nitrato en uno de los extremos y, además, en la mayoría de la interfase entre el cemento y la dentina. **E:** Primer corte coronal realizado a 35x para la completa visualización de los extremos del conducto, donde se sitúa la abundante microfiltración por nitrato de plata; en el resto del conducto no se halla nitrato prácticamente. **F:** Segundo corte coronal, únicamente vemos filtración por el marcador en uno de los extremos donde el conducto es ovalado.

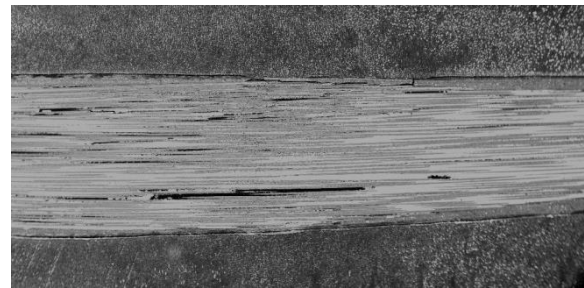
## ANEXO 2: Imágenes MEB de cortes longitudinales 30x.

<b>Muestra = N° corte</b>	<b>Corte = De apical a coronal</b>	<b>Grupo = G</b>
	Apical	<b>G1 Sin acondicionamiento</b>
	Medio	<b>G2 Ácido ortofosfórico</b>
	Coronal	<b>G3 EDTA</b>
		<b>Subgrupo = S</b>
		<b>S1 Rebuilda® DC</b>
		<b>S2 Bifix® SE</b>

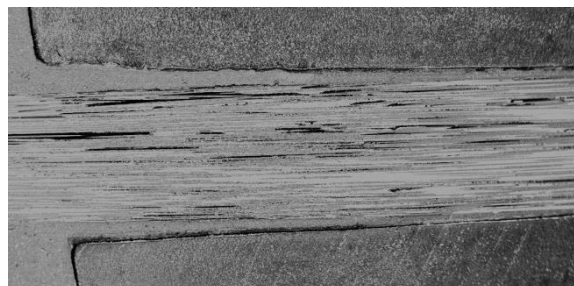
**Figura 41**



Muestra 1 Apical G1 S1 (A)



Muestra 2 Medio G1 S1 (B)

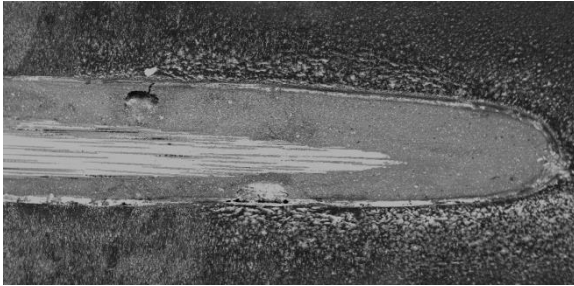


Muestra 3 Coronal G1 S1 (C)

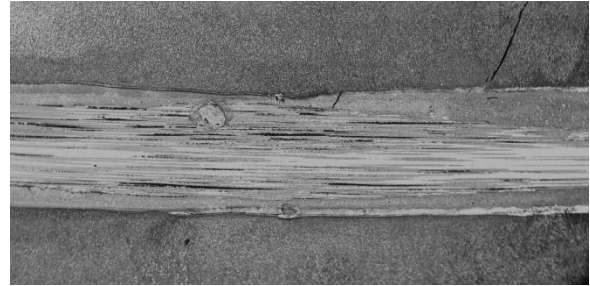
**Figura 41:** Imágenes a diferentes niveles de muestras longitudinales del grupo G1 (sin acondicionamiento) y subgrupo S1 (cemento de resina convencional más adhesivo universal). El espesor de cemento a lo largo del conducto es fino y está distribuido de manera uniforme, en general. Se observa una buena adaptación del poste al conducto, lo cual nos indica que la preparación del drill es correcta. La preparación por la endodoncia era inferior y el drill ha realizado su trabajo sobre las paredes del conducto, lo que ha resultado en una adaptación aceptable. **A:** Zona apical donde no se aprecia prácticamente microfiltración en la interfase cemento-dentina. Hay alguna burbuja no valorable porque no está ocupada por nitrato de plata. **B:** Zona media en la que se observa mínima

microfiltración. Se aprecian separaciones entre las fibras del poste no ocupadas por nitrato de plata. **C:** Zona coronal donde el espesor de cemento es ligeramente mayor. Se observa microfiltración por nitrato muy leve también. Se puede apreciar de nuevo la separación entre las fibras del poste.

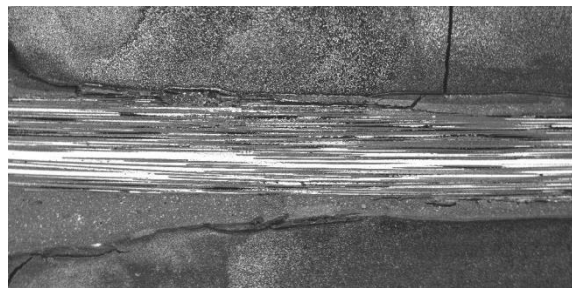
**Figura 42**



Muestra 4 Apical G2 S1 (A)



Muestra 5 Medio G2 S1 (B)

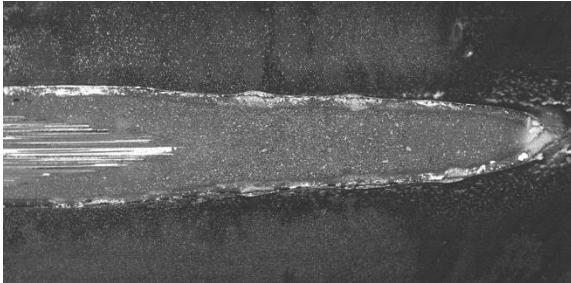


Muestra 6 Coronal G2 S1 (C)

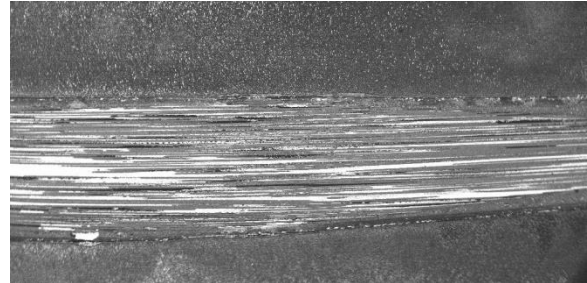
**Figura 42:** Imágenes a distintos niveles de muestras longitudinales del grupo G2 (acondicionamiento con ácido fosfórico) y subgrupo S1 (cemento de resina convencional más adhesivo universal). El espesor de cemento a lo largo del conducto no es tan uniforme, se aprecia que aumenta según vamos hacia coronal. Se observa en este caso, de igual manera, una buena adaptación del poste al conducto. **A:** Zona apical donde se aprecia microfiltración más abundante, en interfase cemento-dentina. También se observan los túbulos dentinarios ocupados por nitrato levemente. **B:** Zona media en la cual se observa una separación llamativa entre las fibras del poste. No se observa prácticamente microfiltración. **C:** Zona coronal en la que se puede ver la

misma separación de fibras citada anteriormente ocupada en parte por nitrato de plata; en la interfase cemento-dentina no hay prácticamente filtración.

**Figura 43**



Muestra 7 Apical G3 S1 (A)



Muestra 8 Medio G3 S1 (B)



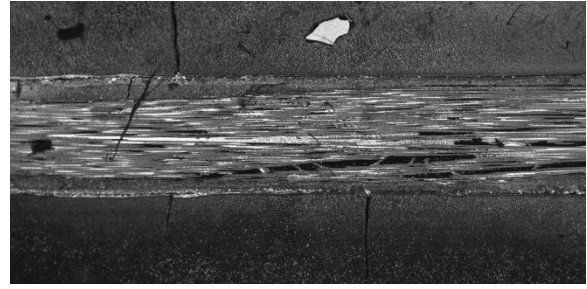
Muestra 9 Coronal G3 S1 (C)

**Figura 43:** Imágenes a tres niveles de muestras longitudinales del grupo G3 (acondicionamiento con EDTA) y subgrupo S1 (cemento de resina convencional más adhesivo universal). En general, la capa de cemento es fina y uniforme y es poste se encuentra bien adaptado al conducto en toda su extensión. **A:** Zona apical donde observamos una microfiltración por nitrato de plata repartida por toda su extensión. **B:** Zona media donde también observamos microfiltración pero menor que en zona apical y apreciamos de nuevo la separación entre las fibras del poste filtrada por nitrato. **C:** Zona coronal donde no se aprecia microfiltración y continuamos observando la separación de las fibras pero en este caso no filtrada por el marcador.

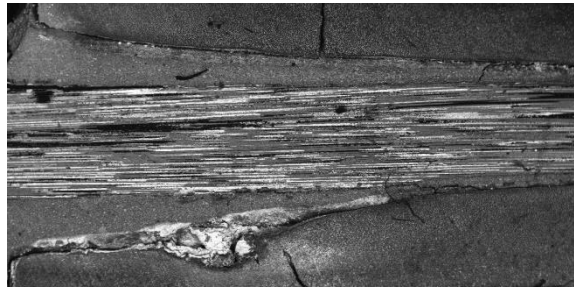
**Figura 44**



Muestra 10 Apical G1 S2 (A)



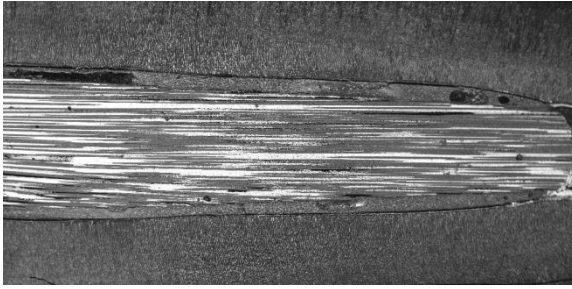
Muestra 11 Medio G1 S2 (B)



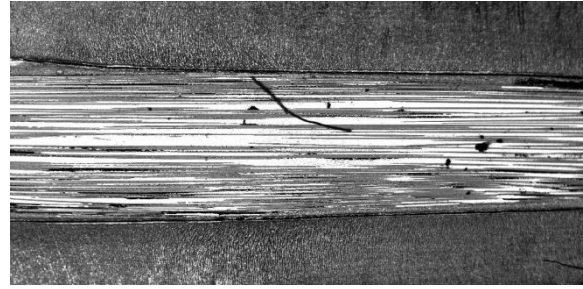
Muestra 12 Coronal G1 S2 (C)

**Figura 44:** Imágenes a diferentes niveles de muestras longitudinales del grupo G1 (sin acondicionamiento) y subgrupo S2 (cemento de resina autoadhesivo). En general, se observa un espesor de cemento uniforme que aumenta únicamente en la zona coronal. El poste presenta buena adaptación al conducto. **A:** Zona apical en la cual apreciamos microfiltración por nitrato de plata en la interfase cemento-dentina leve y distribuida de forma irregular. **B:** Zona media donde observamos de nuevo leve microfiltración por nitrato y separación entre las fibras del poste. **C:** Zona coronal con deposición de nitrato de plata muy acusada allí donde la capa de cemento se ensancha. Continúa la separación entre las fibras del poste.

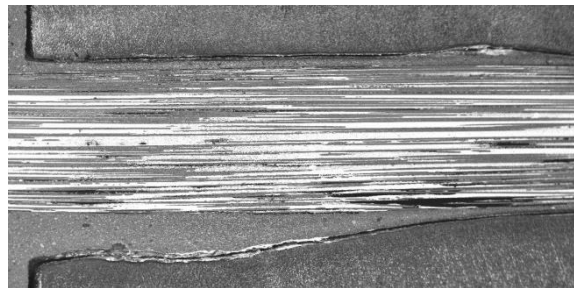
**Figura 45**



Muestra 13 Apical G2 S2 (A)



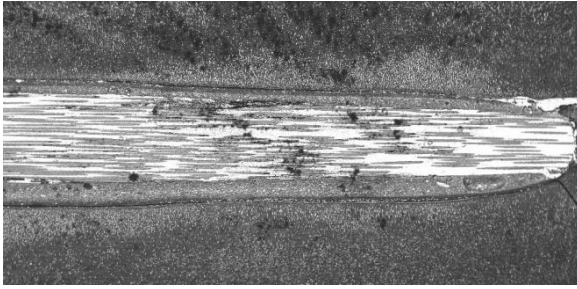
Muestra 14 Medio G2 S2 (B)



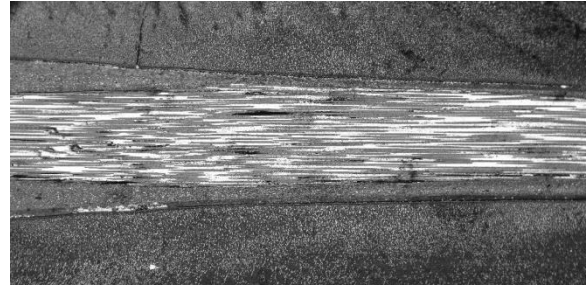
Muestra 15 Coronal G2 S2 (C)

**Figura 45:** Imágenes a tres niveles de muestras longitudinales del grupo G2 (acondicionamiento con ácido fosfórico) y subgrupo S2 (cemento de resina autoadhesivo). Se aprecia en general una capa de cemento uniforme que aumenta en la zona coronal. La adaptación del poste al conducto es adecuada a todos los niveles. Se observan los túbulos dentinarios ocupados por nitrato de plata debido al grabado previo con ácido fosfórico. **A:** Zona apical donde apreciamos unos gaps en el espesor del cemento no valorables porque no están ocupados por nitrato de plata. No se aprecia microfiltración por nitrato en el resto de la interfase. **B:** Zona media donde no apreciamos prácticamente microfiltración y aparece separación entre las fibras del poste. **C:** Zona coronal con microfiltración en la interfase cemento-dentina en las zonas donde se ensancha el conducto. Observamos también separación entre las fibras del poste.

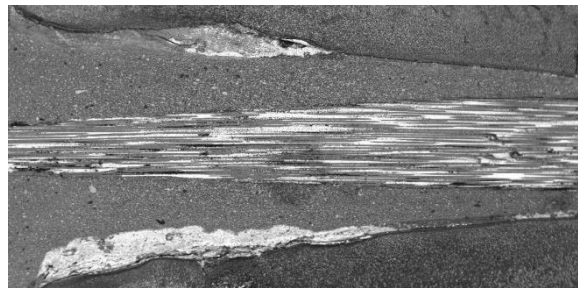
**Figura 46**



Muestra 16 Apical G3 S2 (A)



Muestra 17 Medio G3 S2 (B)



Muestra 18 Coronal G3 S2 (C)

**Figura 46:** Imágenes a distintos niveles de muestras longitudinales del grupo G3 (acondicionamiento con EDTA) y subgrupo S2 (cemento de resina autoadhesivo). Se aprecia un espesor de cemento menos uniforme, en general, que aumenta notablemente hacia coronal. **A:** Zona apical donde la microfiltración por nitrato de plata es muy escasa. Se observan los túbulos dentinarios ocupados por el marcador de manera poco uniforme. **B:** Zona media en la cual apreciamos como va aumentando el espesor de cemento a medida que nos acercamos a coronal. La microfiltración es muy escasa, únicamente se aprecia en la zona inferior izquierda de la imagen más cercana a coronal. **C:** Zona coronal donde el espesor de cemento aumenta notablemente y la microfiltración también en las zonas donde más ancho es el espesor.