



**VNIVERSITAT
DE VALÈNCIA**

Facultat de Medicina i Odontologia

Departament d'Estomatologia

Unitat Docent de Patologia i Terapèutica Dentàries

Programa de Doctorado:

“Fisiopatología del Aparato Estomatognático”

TESIS DOCTORAL:

INFLUENCIA DE LA INSTRUMENTACIÓN CON LIMA ÚNICA EN LA CALIDAD DE LA OBTURACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES MEDIANTE LA TÉCNICA DE CONDENSACIÓN LATERAL MODIFICADA CON GUTAPERCHA INYECTADA.

Doctorando:

D. Roger Cueva Goig

Dirección:

Prof. Dr. Leopoldo Forner Navarro

Prof.^a Dra. M^a Carmen Llena Puy

VALENCIA, septiembre de 2015



UNIVERSITAT DE VALÈNCIA
Departament d'Estomatologia
Unitat Docent de Patologia i Terapèutica Dentàries

D. Leopoldo Forner Navarro y D^a M^a Carmen Llena Puy, Profesor y Profesora Titulares del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universitat de València,

hacen constar que,

la tesis doctoral titulada "Influencia de la instrumentación con lima única en la calidad de la obturación del sistema de conductos radiculares mediante la técnica de condensación lateral modificada con gutapercha inyectada", presentada por el licenciado D. Roger Cueva Goig, ha sido realizada bajo nuestra dirección y que reúne las condiciones necesarias para su presentación y defensa.

Lo que firmamos a los efectos oportunos,

Prof. Dr. Forner Navarro

Prof^a Dr^a Llena Puy

Valencia, 14 de septiembre de 2015.

DEDICATORIA

Als meus pares, la meua dona i sobretot a la persona que ens ha convertit en una família al complet, la meua filla Alexandra.

AGRADECIMIENTOS

Al professor Leopoldo Forner Navarro per estar sempre disposat per a treballar i transmetre els seus coneixements en investigació.

A la profesora M^a Carmen Llena Puy per haver ajudat a dur a terme aquesta tesi doctoral i la seua gran capacitat de treball.

A la Universitat de València i al seu personal per ajudar en tot el possible.

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN GENERAL	17
1.1.- PREÁMBULO	19
1.2.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	20
1.2.1.- Estudios radiológicos.	20
1.2.2.- Sistemas rotatorios continuos multilima.	21
1.2.3.- Sistemas rotatorios continuos en modo alternante.	22
1.2.4.- Sistemas rotatorios alternantes de lima única y continuos multilima.	23
1.2.5.- Sistemas rotatorios de lima única alternantes y continuos, y continuo multilima.	27
1.2.6.- Cementos o selladores en endodoncia.	28
1.2.7.- Gutapercha.	29
1.2.7.1.- Condensación lateral estándar o fría.	29
1.2.7.2.- Cono único y condensación lateral.	30
1.2.7.3.- Cono único, condensación lateral y gutapercha caliente.	33
1.2.7.4.- Condensación lateral caliente.	34
1.2.7.5.- Condensación vertical caliente. Condensación de la onda continua.	35
1.2.7.6.- Gutapercha termoplástica.	38
1.2.7.7.- Técnicas clásicas y contemporáneas.	39
1.2.7.8.- Cambios térmicos.	40
1.2.8.- Resilon.	41
1.2.9.- Gutttaflow.	43
1.2.10.- M.T.A.	44
1.3.- JUSTIFICACIÓN.	45
1.4.- OBJETIVOS.	46
1.4.1.- General.	46
1.4.2.- Específicos.	47
2.- METODOLOGÍA.	49
2.1.- Búsqueda bibliográfica.	51
2.1.1.- Criterios de la búsqueda bibliográfica.	51
2.1.2.- Descriptores.	51
2.1.3.- Limitación estudios.	52

2.1.4.- Idiomas.	52
2.1.5.- Artículos completos o Selección.	52
2.2.- Procedimiento.	52
2.2.1.- Resumen.	52
2.2.2.- Muestra.	53
2.2.2.1.- Tamaño muestral.	53
2.2.2.2.- Criterios de inclusión y exclusión.	53
2.2.2.3.- Distribución por grupos.	57
2.2.2.4.- Preparación de los especímenes.	58
A.- Método de conservación.	58
B.- Eliminación de la corona anatómica.	60
C.- Limpieza y desinfección.	62
D.- Preparación del acceso al conducto radicular.	63
2.2.2.5.- Preparación de los conductos radiculares.	66
A.- Permeabilización con limas manuales.	66
B.- Determinación de la longitud del conducto radicular.	67
C.- Permeabilización con limas rotatorias.	68
C.1.- Descripción del sistema.	68
C.2.- Uso de las limas.	69
C.2.1.- Movimiento.	69
C.2.2.- Torque.	69
C.2.3.- Velocidad.	70
C.3.- Procedimiento.	70
C.4.- Selección.	71
D.- Instrumentación.	71
D.1.- Instrumentación con el sistema Reciproc®.	72
D.1.1.- Descripción del sistema.	72
D.1.2.- Uso de las limas.	73
D.1.2.1.- Movimiento.	73
D.1.3.- Procedimiento.	74
D.1.4.- Selección.	80
D.2.- Instrumentación con el sistema WaveOne®.	80
D.2.1.- Descripción del sistema.	81

D.2.2.- Uso de las limas.	82
D.2.2.1.- Movimiento.	82
D.2.3.- Procedimiento.	82
D.2.4.- Selección.	83
D.3.- Instrumentación con el sistema One Shape®.	84
D.3.1.- Descripción del sistema.	84
D.3.2.- Uso de las limas.	85
D.3.2.1.- Movimiento.	85
D.3.3.- Procedimiento.	85
D.3.4.- Selección.	86
D.4.- Instrumentación con el sistema de limas K FlexoFile®.	87
D.4.1.- Descripción del sistema.	87
D.4.2.- Uso de las limas.	88
D.4.2.1.- Movimiento.	88
D.4.3.- Procedimiento.	88
D.4.4.- Selección.	90
2.2.2.6.- Obturación de los conductos radiculares.	91
A.- Materiales.	91
B.- Técnica de obturación.	99
C.- Preparación postobturación.	102
2.2.2.7.- Obtención de las secciones: inclusión y corte.	104
A.- Inclusión en resina de metacrilato.	104
B.- Obtención de las secciones.	105
2.2.2.8.- Observación microscópica.	107
A.- Microscopio confocal láser de barrido.	107
B.- Microscopio electrónico de barrido.	109
2.2.2.9.- Análisis de las imágenes.	112
A.- Criterios de medición de la adaptación.	112
B.- Fotografía.	120
2.2.2.10.- Registro de los datos.	120
2.3.- Análisis estadístico.	120

3.- RESULTADOS Y DESARROLLO ARGUMENTAL.	123
3.1.- Grupo A: conformación Reciproc y obturación con la técnica CLMI.	125
3.1.1.- Microscopio confocal láser de barrido.	125
3.1.2.- Microscopio electrónico de barrido.	131
3.2.- Grupo B: conformación WaveOne y obturación con la técnica CLMI.	141
3.2.1.- Microscopio confocal láser de barrido.	141
3.2.2.- Microscopio electrónico de barrido.	147
3.3.- Grupo C: conformación One Shape y obturación con la técnica CLMI.	157
3.3.1.- Microscopio confocal láser de barrido.	157
3.3.2.- Microscopio electrónico de barrido.	163
3.4.- Grupo D: conformación K-Flexofile y obturación con la técnica CLMI.	173
3.4.1.- Microscopio confocal láser de barrido.	173
3.4.2.- Microscopio electrónico de barrido.	179
3.5.- Comparación entre grupos.	189
3.6.- Discusión.	195
3.6.1.- De la metodología.	195
3.6.2.- De los resultados.	210
4.- CONCLUSIONES FINALES.	217
5.- BIBLIOGRAFÍA.	221

1.- INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1.- PREÁMBULO.

En la pasada década ha habido muchos cambios en la práctica clínica de la endodóncica, como en los tipos de materiales, técnicas, equipamientos, diseño de instrumentos y los tipos de metales utilizados para la fabricación de los instrumentos (Bhatti *et al.* 2010; Yoo y Cho, 2012). Sin embargo, el objetivo de un tratamiento endodóncico preconizado por Schilder (1967) y Torabinejad *et al.* (2005) sigue siendo: “el sistema de conductos radiculares debe ser limpiado y conformado, limpiado de sus remanentes orgánicos y conformado para recibir una obturación tridimensional hermética de la totalidad del espacio del conducto radicular (Bhatti *et al.* 2010).

Para la obtención de una conformación cónica en forma de embudo, estrechándose desde coronal hasta apical y que coincida con la forma del conducto se han probado muchas técnicas e instrumentos con buenos resultados en conductos rectos, como los instrumentos de acero inoxidable, pero estos aumentan las posibilidades de error en conductos curvos. Desde la introducción de Walia *et al.* (1988) de la aleación de níquel-titanio, denominada Nitinol, la práctica clínica habitual se ha beneficiado por la precisión, velocidad, calidad y el riesgo en comparación con las limas manuales de acero inoxidable (Yoo y Cho, 2012). Indudablemente los instrumentos rotatorios de níquel-titanio han supuesto un gran progreso en la preparación de los conductos radiculares y han reducido claramente los posibles errores del procedimiento de trabajo (De-Deus *et al.* 2013). La razón para desarrollarlos fue debido a su aumento de flexibilidad, con lo que permitieron conservar mejor la curva de los conductos y disminuir las posibilidades de error (Bhatti *et al.* 2010), además de prevenir la formación de escalones, repisas y perforaciones (Walia *et al.* 1988). Hoy en día nuestro principal objetivo en la terapia endodóncica es simplificar los procedimientos con completa seguridad y eficacia (Dhingra *et al.* 2014). En publicaciones recientes el movimiento rotatorio alternante ha sido propuesto como una alternativa al continuo, con el fin de reducir la fatiga cíclica (Dhingra *et al.* 2014) que produce el riesgo de fractura de los instrumentos y la deformidad del conducto radicular (Yared, 2008; Varela-Patiño, 2008). Por tanto,

recientemente se introdujo en el mercado el concepto de sistema de lima única y se optó por la lima alternante, como son las limas Reciproc y WaveOne. Están confeccionadas en una aleación níquel-titanio con un tratamiento térmico denominado M-Wire que le proporcionó un incremento en la flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica (Lim *et al.* 2013) en comparación con la rotación continua (Varela-Patiño *et al.* 2010). Siguiendo el mismo concepto de lima única, también se lanzó al mercado el concepto de lima única de movimiento continuo One Shape (Bürklein *et al.* 2013a), estudiado también en el trabajo de Dhingra *et al.* (2014) y que finalmente también se incluyó en este estudio para analizar la capacidad de conformar los conductos radiculares, junto con los sistemas de limas alternantes Reciproc y WaveOne.

1.2.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

1.2.1.- Estudios radiológicos.

En un estudio, Endal *et al* (2011) analizaron los restos dentinarios y el material de obturación en el istmo en conductos mesiovestibulares de diez molares mandibulares con microtomografía computadorizada. Concluyeron que la acumulación de restos dentinarios durante la instrumentación, provino en parte de la penetración del material de obturación y sellador. Huybrechts *et al.* (2009), analizaron los huecos producidos en obturaciones mediante radiografía analógica intraoral, radiografía digital y tomografía computadorizada de haz cónico. Se concluyó que huecos mayores de 300 micras se determinaron con todas las técnicas, para pequeños huecos, todas las técnicas digitales intraorales fueron mejores que la analógica intraoral y la tomografía. También se utilizaron las radiografías para estudiar el enderezamiento del conducto Bhatti *et al.* (2010) y además observaron los conductos con microscopio electrónico de barrido para

cuantificar los detritus de los sistemas de limas K-flexofile, ProTaper, LightSpeed y Mtwo. ProTaper y Mtwo resultaron tener buena limpieza y LightSpeed mantuvo la curvatura del conducto original mejor que ProTaper, Mtwo o las limas manuales K.

1.2.2.- Sistemas rotatorios continuos multilima.

Se compararon ProTaper con cono único, ProTaper con Thermafil y Profile 0,06 con punta maestra de condensación lateral en los tercios de la sección transversal en conductos ovalados. La técnica de obturación tuvo un pequeño impacto en la calidad en el tercio apical. Thermafil tuvo mejor adaptación en los tercios medios y coronal, siendo significativamente menor que el cono único y que la condensación lateral en el tercio medio, y más bajo que el cono único en el tercio coronal. No hubo diferencias entre el cono único y la condensación lateral en cada nivel. El cemento sellador penetró en los túbulos dentinarios muy ampliamente con todas las técnicas (Ozawa *et al.* 2009).

Otro grupo de investigadores, también evaluaron la eficacia de ProTaper comparado con K3 Endo. Primero se usó Protaper F2 y se obturó con un apósito intraconducto de hidróxido de calcio. A los siete días se removió con K3 Endo 25/0,06 e irrigación con EDTA al 17% en el grupo 1; Protaper F1 e irrigación con EDTA al 17% en el grupo 2; K3 Endo 25/0,06 e irrigación con hipoclorito de sodio al 2,5% para el grupo 3 y Protaper F1 e irrigación con hipoclorito de sodio al 2,5% para el 4. Se observó que ninguna técnica eliminó completamente el hidróxido de calcio. En apical y cervical, Protaper F1 fue mejor que K3 Endo 25/0,06 independientemente de la irrigación (Kuga *et al.* 2010).

Nagaraja y Murthy (2010) estudiaron el transporte del conducto, espesor de dentina remanente y la capacidad de centrado entre limas manuales K de níquel-titanio y Protaper usando tomografía computadorizada. En la relación de centrado, no hubo diferencias. Afirmaron que ProTaper se debería usar con

cuidado en conductos curvos, al causar más transporte apical del conducto y adelgazamiento de la dentina en los tercios medio y coronal, y finalmente ninguno mostró capacidad óptima de centrado. En otra investigación ProTaper consiguió peores resultados comparado con el sistema SAF y su posterior obturación con condensación lateral y AH 26. El análisis con microtomografía computadorizada concluyó que las limas de autoajuste permitieron mejor limpieza, conformación y mejor adaptación de la obturación Metzger *et al* (2010).

En el estudio de Vahid *et al* (2008), además de analizar ProTaper, se comparó también ProFile, FlexMaster y Mtwo, en cuanto a tiempo de trabajo, cambios en la longitud de trabajo y efectos en la conformación. Se concluyó que los instrumentos Mtwo, requirieron significativamente menor tiempo de instrumentación y ProTaper significativamente cambió la curvatura del conducto, no habiendo cambios en las longitudes de trabajo entre grupos. En otra investigación en conductos ovales instrumentados con AET y ProTaper, con una técnica modificada de Bramante, se analizaron los cambios en los diámetros de los conductos, cambios en el área de superficie y el cambio en la relación buco-lingual y mesiodistal. Se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos en el tercio coronal y medio, a nivel apical no hubo diferencias. Con AET se removió más estructura dental en estos niveles, sin embargo no se observaron diferencias en el tercio apical (Grande *et al*. 2007).

1.2.3.- Sistemas rotatorios continuos en modo alternante.

El inicio del movimiento alternante se llevó a cabo con las limas ProTaper, comparándolo con el movimiento continuo, para el que fueron diseñadas inicialmente, como realizaron los siguientes autores. You *et al*. (2011) lo llevaron a cabo en conductos curvos y lo analizaron con micro-TC. Observaron que el movimiento alternante no incrementó el transporte apical comparado con la rotación continua, incluso en apical y que el movimiento alternante, debería ser un buen método alternativo para prevenir errores del procedimiento durante la

conformación. Varela-Patiño *et al* (2010) igualmente estudiaron la influencia del tipo de rotación de la lima, pero esta vez se fijaron en la frecuencia de fracturas o deformación, instrumentando conductos con una angulación mayor de 30°. Los instrumentos ProTaper S1 y S2 lograron la mayor diferencia de uso con rotación alterna, la lima S2 fue el más resistente a la fractura o deformación con los dos tipos de movimientos usados. En otro estudio de Jin *et al.* (2013) se evaluó de nuevo el movimiento alternante con limas convencionales. Para ello se instrumentó ProFile y RaCe con movimiento rotatorio usando 4 limas, y ProFile y RaCe con movimiento alternante con una sola lima. La instrumentación alternante tuvo una eficacia comparable para conformar conductos con tiempo de conformación reducido. La técnica alternante fue una alternativa efectiva a la rotación convencional, el riesgo de distorsión torsional y fractura debería ser considerado antes de la aplicación clínica. Kim *et al.* (2013) compararon la habilidad de la instrumentación en conductos curvos de una sola lima ProTaper F2 y de WaveOne Primary con movimiento alternante y para investigar el estado después mediante microscopio electrónico de barrido. Los cambios en el volumen, curvatura, área y grado de transporte se midieron con un equipo de micro-TC. La técnica de lima única con WaveOne Primary o ProTaper F2 se pudo utilizar sin aumento del transporte apical en conductos curvos.

1.2.4.- Sistemas rotatorios alternantes de lima única y continuos multilima.

Con la aparición de limas diseñadas para realizar un movimiento alternante, hubo autores que comenzaron a estudiarlo, siendo motivo de estudio la necesidad de crear un vía de deslizamiento previa. Nazarimoghadam *et al* (2014) analizaron el transporte del conducto radicular por la lima Reciproc R25 con y sin vía de deslizamiento previa en conductos curvos artificiales. El transporte del conducto en la pared externa del tercio apical pareció ser significativamente reducido cuando se realizó una vía de deslizamiento. De-Deus *et al* (2013) estudiaron cuando Reciproc alcanzó completamente la longitud de trabajo sin la creación

de una vía de deslizamiento. Reciproc R25 alcanzó la longitud de trabajo completamente de conductos rectos y con moderada curvatura en molares mandibulares sin la creación de una vía de deslizamiento en una gran proporción de los casos.

En otros artículos, se comenzó a comparar la eficacia de los sistemas alternantes, como hizo Ordinola-Zapata *et al* (2014) que evaluaron la conformación de Reciproc y Twisted-Files Adaptive en réplicas con raíz en forma de S, y finalmente escaneadas con micro-TC. En la réplica con curva en forma de S, Reciproc disminuyó significativamente el espesor de las paredes de resina en comparación con TF Adaptive. Los sistemas mantuvieron la forma original en el tercio apical. Aunque en esta investigación de Vincenzi *et al* (2011) se optó por estudiar la remoción del barrillo dentinario solamente con instrumentos TF y posterior observación con el microscopio electrónico de barrido. Se usaron dos soluciones irrigantes, con 2 ml de solución de hipoclorito de sodio al 6% y al final EDTA al 17% durante 1 minuto. El otro con 2 ml de solución salina estéril. El grupo A presentó más conductos limpios, sobre todo en los tercios coronal y medio.

Berutti *et al.* (2012), al comparar la curvatura del conducto y la modificación del eje axial con WaveOne Primary y ProTaper S1, S2, F1 y F2 en bloques de resina observaron que WaveOne mantuvo mejor la anatomía original del conducto, con menor modificación de la curvatura que ProTaper. Topcu *et al* (2014) compararon las limas SAF, WaveOne, Reciproc, ProTaper y limas K en conductos ovales con el uso de un medio de contraste. Ninguno de los instrumentos fue capaz de remover el medio de contraste completamente y WaveOne removió significativamente mejor que los otros grupos. En un trabajo similar y con resultados similares, Versiani *et al* (2013) prepararon conductos con forma ovalada usando sistemas de lima única o múltiples limas Self-Adjusting File, WaveOne, Reciproc y ProTaper Universal. Las dimensiones del conducto se agruparon por tamaño con un micro-TC. La comparación entre los grupos reveló que SAF presentó la menor, mientras que WaveOne y ProTaper mostraron el aumento medio más alto en la mayoría de los parámetros. Todos los sistemas funcionaron de manera similar en cantidad de paredes de dentina

contactadas, aunque ninguna técnica fue capaz de preparar completamente los conductos radiculares con forma ovalada.

En otro artículo, en conductos simulados se comparó la conformación de varios sistemas de limas alternantes con rotatorias como fueron Reciproc, Wave One con ProTaper, Profile y limas manuales K-Flexofile. Las dos limas únicas mostraron relativamente mejor habilidad de conformación y fueron adecuadas para la conformación de conductos curvos con un solo instrumento (Yoo & Cho, 2012). Bürklein *et al* (2011), anteriormente también compararon la conformación con limas únicas alternantes Reciproc y WaveOne, con instrumentos rotatorios Mtwo y Protaper, pudiendo concluir que todos los instrumentos mantuvieron bien la curvatura original del conducto. Mtwo y Reciproc fueron mejores en la limpieza en apical, comparado con Protaper y WaveOne. También Bane *et al.* (2015), compararon limas únicas alternantes Reciproc y WaveOne, con sistemas de movimiento continuo multilima ProTaper en conductos curvos. Llegaron a la conclusión que conformó los canales curvos en menos tiempo, disminuyó en la separación del instrumento, cambios en la longitud de trabajo y enderezamiento de la curvatura del conducto.

Dietrich *et al* (2012) compararon la eficacia de remoción de restos dentinarios entre las limas SAF, WaveOne Primary y K3 35/0,04 en raíces mesiales de molares mandibulares. Adicionalmente con SAF se probó como un complemento después de la instrumentación. No hubo diferencias significativas entre los grupos, pero WaveOne fue peor en la limpieza de los istmos. Como dispositivo de irrigación final complementario, SAF mejoró significativamente la limpieza del conducto en el grupo K3 a 2 mm en un promedio de 1,7%. Koçak *et al* (2013) analizaron los detritus extruidos apicalmente al instrumentar con ProTaper F2, Self-Adjusting File, Revo-S SU o Reciproc. ProTaper produjo la mayor extrusión, Reciproc produjo menos detritus en comparación con los otros instrumentos, aunque todas las técnicas tuvieron extrusión de detritus. Por su parte similar al estudio anterior, Tinoco *et al* (2013) evaluaron la extrusión apical bacteriana de WaveOne y Reciproc comparada con un sistema rotatorio multilima BioRace, contaminando los conductos con una suspensión de *Enterococcus faecalis*. Todos los sistemas de instrumentos produjeron extrusión de bacterias, sin

embargo, las limas únicas alternantes produjeron menor extrusión bacteriana apicalmente que el sistema rotatorio multilima.

Lim *et al.* (2013) hicieron un estudio con la finalidad de analizar el mantenimiento de la curvatura y configuración del conducto original, con o sin la realización de una vía de deslizamiento previa, fue instrumentando finalmente con las limas WaveOne y Reciproc. Se concluyó que WaveOne debería ser usada después de realizar una vía de deslizamiento mayor del tamaño 15. Para evaluar los defectos dentinarios se diseñó el siguiente estudio, después de instrumentar con limas únicas alternantes Reciproc y WaveOne e instrumentos rotatorios continuos Mtwo y ProTaper; los cuatro grupos provocaron defectos dentinarios. A nivel apical las limas alternantes produjeron significativamente más grietas dentinales incompletas que los de rotación continua (Bürklein y Schäfer, 2013a).

Goldberg *et al* (2012) evaluaron la experiencia del operador y la capacidad de centrado en conductos de plástico, conformando un experto dos grupos en forma de L o S, y otro grupo de estudiantes se hizo en conductos en forma de L. WaveOne tuvo excelente capacidad de centrado con una bajo riesgo de fractura y un tiempo corto de conformación, independientemente de la experiencia. Siguiendo con la evaluación de la influencia de la experiencia, se diseñó el siguiente estudio, con el fin de analizar la fractura de la lima alternante WaveOne Primary y el tiempo requerido para conformar los conductos curvos por un endodoncista y un operador sin experiencia, con y sin creación de vía de deslizamiento previo con PathFile. Se llegó a la conclusión que la experiencia no influyó en la fractura y el tiempo fue inversamente proporcional a la experiencia. Sin embargo, la creación de una vía de deslizamiento redujo el tiempo por el operador sin experiencia para preparar el conducto (Generali *et al.* 2013).

Recientemente (Wu *et al.* 2015) para comparar ProTaper Universal F2, WaveOne Primary y ProTaper Next X2 se realizó este estudio en conductos simulados con forma de L y S. ProTaper Next mostró una mejor capacidad de conformación que ProTaper Universal y WaveOne en la sección curvada de los conductos y también mantuvo la mejor constricción apical. Pero todas la limas tuvieron tendencia a enderezar la curvatura apical en conductos con múltiples curvaturas. En un trabajo de mayor repercusión, al ser una revisión sistemática,

Gundappa *et al* (2014) analizaron artículos publicados durante 1991-2013 sobre la capacidad de centrado de los instrumentos rotatorios como ProTaper, Hero Shaper, K3, Mtwo, Race y WaveOne, La diferencia en la capacidad de centrado no fue estadísticamente significativa, consiguiendo todos los instrumentos preparaciones centradas. ProTaper representó la mejor capacidad de corte. La tomografía computadorizada fue un método efectivo de evaluación de capacidad de centrado del conducto.

1.2.5.- Sistemas rotatorios de lima única alternantes y continuos, y continuo multilima.

Continuando con el estudio de los sistemas de lima única alternante y también continua, el mismo autor Bürklein *et al.* (2013b) compararon la capacidad de conformación de tres sistemas de lima única, alternante como Reciproc, y de rotación continua como F360 y One Shape del tamaño 25, con instrumentos rotatorios Mtwo del tamaño 30 en conductos curvos. Todos los instrumentos respetaron bien la curvatura original del conducto y fueron seguros en su uso. El uso de Reciproc y One Shape requirió menos tiempo de preparación comparado con Mtwo y F360. Del mismo modo Bürklein *et al* (2013a) evaluaron esta vez la cantidad de restos dentinarios extruidos asociados en los mismos sistemas de lima única Reciproc, F360 y One Shape comparado con Mtwo. Todos causaron extrusión apical de restos dentinarios. La instrumentación rotatoria se asoció con menos extrusión de restos comparado con la instrumentación alternante. Para comparar las modificaciones en la curvatura, Dhingra *et al* (2014) instrumentaron con limas únicas, con rotación continua One Shape y rotación alternante WaveOne Primary en conductos artificiales. Los conductos preparados con la lima WaveOne preservaron la forma del conducto, respetó la forma anatómica del conducto en forma de J y produjo un embudo cónico continuamente. Más tarde, Dhingra *et al.* (2015) realizaron de nuevo otro estudio para analizar Reciproc y WaveOne y la lima One Shape. Llegaron a concluir que el movimiento

alternante es mejor que el continuo en los tres parámetros estudiados, como transporte del conducto, área de sección transversal y grosor de dentina cervical. Celikten *et al* (2015) compararon ProTaper Next y New One Shape mediante el volumen de dentina removida, transporte del conducto y curvatura del conducto mediante tomografía computadorizada de haz cónico. Ambos sistemas produjeron similar transporte del conducto y cambios en el volumen. Las dos resoluciones del voxel también mostraron resultados similares. En un estudio donde se evaluaron variables similares como el transporte del conducto y la capacidad de centrado con limas ProTaper, One Shape y WaveOne usando tomografía computadorizada de haz cónico en conductos curvos. Se demostró que WaveOne mostró menor transporte y mejor capacidad de centrado que One Shape y ProTaper (Tambe *et al.* 2014). También obtuvo peores resultados en cuanto a conformación, las limas One Shape frente a Twisted files en conductos artificiales (Reddy *et al.* 2014).

1.2.6.- Cementos o selladores en endodencia.

Para evaluar el sellado apical de los conductos Zmener *et al.* (2005) hicieron un estudio *in vitro* con el sistema rotatorio Anatomic Endodontic Technology (AET) y posterior tinción con azul de metileno. En el grupo 1 se utilizó sellador basado en metacrilato y cono único de gutapercha; en el grupo 2, sellador basado en metacrilato y la técnica de condensación lateral de gutapercha; en el grupo 3, cemento de Grossman y condensación lateral de gutapercha (grupo control). Hubo mayor filtración en los conductos obturados con la técnica de condensación lateral y cemento de Grossman. La menor filtración fue observada para los grupos 1 y 2, no habiendo diferencias significativas entre ambos.

Posteriormente, Key *et al* (2006) evaluaron también de forma *in vitro* la citotoxicidad de los selladores Resilon y Epiphany frente a gutapercha, sellador de Grossman (sellador basado en óxido de zinc y eugenol), Thermaseal (sellador basado en resina) y Sealapex (sellador basado en hidróxido de calcio) mediante

cultivos de fibroblastos gingivales humanos incubados durante 1 o 24 horas. Los fibroblastos se tiñeron con azul de tripano para determinar el número de células muertas. Resilon fue similar a la gutapercha y al grupo control. Epiphany fue menos citotóxico que el sellador de Grossman en ambos plazos de 1 y 24 horas. Epiphany fue más citotóxico que Sealapex en el periodo de tiempo de 1 hora pero menos que a las 24 horas, donde Sealapex fue el más citotóxico, debido al sedimento que se formó después del fraguado y que no se observó hasta después de 1 hora de éste. Los resultados indican que Resilon tuvo una más baja citotoxicidad y que Epiphany fue más citotóxico que los materiales convencionales.

En otro estudio Tanomaru-Filho M. *et al* (2007) evaluaron otra característica de los selladores como la radiopacidad del AH Plus, Intrafill, RoekoSeal, Epiphany y EndoRez haciendo cinco modelos circulares de 10x1 mm con cada uno de los materiales e hicieron radiografías oclusales y una cuña escalonada de aluminio graduada variando en grosores de 2 a 16 mm. Las radiografías se digitalizaron y se comparó la radiopacidad con la cuña escalonada de aluminio usando el software WIXWIN-2000. Los más radiopacos fueron AH Plus y Epiphany, después Endorez y los menos Roeko Seal e Intrafill, siendo todos superiores a los mínimos recomendados por la ISO.

1.2.7.- Gutapercha.

1.2.7.1.- Condensación lateral estándar o fría.

En un análisis de los poros y huecos obturados mediante condensación lateral fría con gutapercha con Tubliseal, puntas EndoRez con sellador EndoRez, puntas RealSeal con sellador RealSeal y una punta de gutapercha con sellador

GuttaFlow y analizados con micro-TC, ninguno de los conductos radiculares de los dientes obturados quedó libre de huecos y los grupos de gutapercha y TubliSeal mostraron menos poros y espacios que el resto (Hammad *et al.* 2009).

Con la finalidad de obtener conclusiones de diversas publicaciones Peng *et al.* (2007) realizó un meta-análisis y una revisión sistemática para comparar los resultados de la obturación con gutapercha caliente y condensación lateral fría evaluando 10 estudios clínicos. La conclusión según los análisis microscópicos y test clínicos para la óptima obturación se consiguió cuando los conductos se instrumentaron y obturaron de 0,5 a 2 mm cortos sobre el ápice. Las características investigadas fueron dolor postoperatorio, resultados a largo plazo, calidad de la obturación y sobreextensión. Los resultados concluyeron que las dos técnicas de obturación no fueron diferentes significativamente, excepto en la sobreextensión, donde habría una mayor incidencia de sobreextensión con gutapercha caliente que con condensación lateral fría.

1.2.7.2.- Cono único y condensación lateral.

Con la finalidad de comparar diferentes técnicas de obturación de cono único en términos de porcentaje de áreas de gutapercha obturadas (PGFA), áreas de sellador obturadas (PSFA) y huecos conformados con (A) FlexMaster, (B) Mtwo, (C) ProTaper, (D) Reciproc, (E) WaveOne se hizo un estudio en el que la condensación lateral y cono único, que usaron gutapercha de conicidad constante, (FlexMaster, Mtwo) produjeron superior PGFA en los niveles apicales que los conos únicos de gutapercha de conicidad variable (ProTaper, Reciproc, WaveOne) (Schäfer *et al.* 2013). También Marciano *et al.* (2011), compararon el porcentaje de gutapercha, sellador y huecos, y la influencia de los istmos en conductos mesiales de molares mandibulares obturados cono único, condensación lateral, System B y Thermafil y conformados ProTaper F2. Se analizó mediante microscopio confocal láser. Las áreas obturadas por gutapercha y sellador y los huecos fueron dependientes de la técnica de

obtención. La presencia de istmos pudo influir en la calidad de la obturación radicular. Diferentes resultados obtuvo también Tasdemir *et al* (2009b), al estudiar en diferentes secciones el porcentaje de obturación en apical mediante cono único y condensación lateral, e instrumentando con ProTaper. El cono único de gutapercha tuvo mayor porcentaje que la técnica de condensación lateral a 2 mm del ápice. Del mismo modo, también hubo diferencias en este estudio, con peor resultado para el cono único al instrumentar el conducto con el sistema Mtwo y obturar con cono único de gutapercha de conicidad Mtwo y sistema combinado BeeFill 2 en 1. La calidad de la obturación con gutapercha caliente fue mejor que con la técnica de cono único. La morfología del conducto radicular influyó el ajuste de la gutapercha. Los fragmentos residuales en el conducto radicular redujeron la capacidad de sellado (Robberecht *et al.* 2012).

A diferencia de los estudios anteriores, donde sí tuvieron resultados diferentes dependiendo de la técnica de obturación empleada. En los dos estudios siguientes no se encontraron diferencias. Kok *et al.* (2012) evaluó mediante microscopio confocal láser de barrido la penetración de cemento dentro de los túbulos dentinarios, su perímetro y el área en el tercio apical del AH Plus al obturar con cono único, condensación lateral fría y Thermafil preparados con ProTaper F5. El área de dentina impregnada no dependió de la técnica de obturación. Las tres técnicas presentaron integridad del perímetro del sellador cerca del 100% y Thermafil resultó en una capa significativamente más delgada. Por último en este estudio se evaluó *ex vivo* la calidad de la obturación radicular con dos técnicas de gutapercha termoplástica Thermafil y System B, y una técnica de gutapercha fría con cono único, conformados con ProTaper Universal y su análisis con micro-TC. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Todas las técnicas produjeron resultados comparables en porcentaje de obturación y distribución de los huecos (Somma *et al.* 2011).

Tay *et al* (2005) estudiaron *in vitro* en dientes humanos unirradiculares la eficacia de usar pasivamente (sin condensación) conos de gutapercha con recubrimiento de polibutadieno-diisocianato-metacrilato con un sellador EndoRez de curado dual. Aunque no se empleó adhesivo, una fina capa híbrida se observó en la dentina radicular cuando el EDTA se usó como irrigación final. Los huecos en la

interfase y la filtración de plata pudieron observarse a lo largo de la interfase sellador-dentina que fueron atribuidos, predominantemente, a la contracción del sellador. Los huecos y la filtración de plata fueron también identificados entre el recubrimiento de resina de gutapercha y el sellador.

Para comparar el área ocupada por gutapercha, sellador o huecos se realizó un estudio preparando con Profile 0,06 con una medida apical 35 a 0,5 mm del final del conducto o del foramen apical, conductos curvos simulados en bloques de resina con una curvatura de 30° y un radio de 10,5 mm (n=20) o con una curvatura de 58° y con radio de 4,7 mm (n=20) y conductos curvos mesiobucles de primeros molares maxilares extraídos. Los conductos se obturaron con un cono único de gutapercha de conicidad 0,06 y sellador AH 26 y mediante condensación lateral de múltiples puntas de gutapercha con conicidad 0,02 y sellador AH 26. Posteriormente, se hicieron cortes horizontales y se observaron con estereomicroscopio a 40 aumentos. La técnica del cono único 0,06 fue comparable con la condensación lateral en la cantidad de gutapercha que ocupa el conducto preparado con una conicidad 0,06 para los conductos simulados y reales. La técnica del cono único 0,06 fue significativamente más rápida que la condensación lateral en todos los grupos (Gordon *et al.* 2005). En otro trabajo similar, Hörsted-Bindslev *et al.* (2007) compararon la calidad de obturación de los conductos radiculares realizado con cono único y condensación lateral, usando instrumentos rotatorios de níquel-titanio. En molares exodonciados se obturó mediante condensación lateral con gutapercha estandarizada nº 60 ISO y puntas auxiliares, con conicidad .02 y otro grupo con cono único de gutapercha nº 60 y conicidad .04. Se hicieron dos proyecciones radiográficas de cada conducto. No hubo diferencia significativa de la técnica de obturación usada en la calidad. Hubo impacto significativo del tipo de conducto, el conducto distal mandibular tuvo más posibilidad de tener una suficiente obturación radicular que el mesial en la proyección vestíbulo-lingual, pero los conductos distales mandibulares y el palatino maxilar tuvieron menor probabilidad para obturarse suficientemente en proyección mesio-distal. Por lo tanto se dedujo que ni la condensación lateral, ni el cono único son adecuados para cierto tipo de conducto radicular, en concreto para los conductos ovales. Posteriormente, Cunningham *et al.* (2006) estudiaron la variabilidad del diámetro en la punta del

cono de gutapercha (D0) y la conicidad en D3 y D16, en cinco marcas de gutapercha del nº 30/0.04. La diferencia porcentual de conicidad media de Maxima fue significativamente diferente de Lexicon y Maillefer, en comparación con Diadent y K3 en los cuales no hubo diferencia significativa entre sí o cualquier otra marca. Hubo variabilidad significativa entre las marcas de gutapercha en cuanto a diámetro y conicidad, Maxima y Diadent mostraron la menor diferencia de media en diámetro y conicidad nominal del fabricante. Los valores de desviación estándar altos sugieren alta variabilidad dentro de las marcas individuales.

1.2.7.3.- Cono único, condensación lateral y gutapercha caliente.

Schäfer *et al.* (2013) compararon la obturación, tiempo y extrusión en conductos con curva severa mediante A. cono único, B. condensación lateral fría, C. condensación caliente vertical, D. condensación lateral con cono maestro de gutapercha estandarizada, AH Plus y limas Mtwo. No se obtuvieron diferencias entre los grupos en presencia de poros. Los grupos B, C y D produjeron áreas con gutapercha significativamente mayores y menores áreas obturadas con sellador que el grupo A. Se concluyó que la condensación lateral de conos de gutapercha de conicidad mayor es una obturación rápida y eficiente conductos curvos.

Los dos estudios siguientes no resultaron diferentes cuando compararon diferentes técnicas de obturación. Mahera *et al.* (2009) comparó la microfiltración de condensación lateral, condensación lateral con gutapercha ProTaper, cono único de gutapercha ProTaper y condensación vertical caliente conformados con ProTaper con un modelo de transporte de fluido a los 7 días, 1 mes y 3 meses. No resultando en diferencias significativas entre los cuatro grupos en ninguno de los puntos, incrementándose la filtración en todas las técnicas durante los tres meses. Tampoco hubo diferencia significativa entre los subgrupos, ni entre los grupos en el trabajo de Tasdemir *et al.* (2009a), donde compararon la capacidad

de sellado de los subgrupos como único, condensación lateral y condensación de gutapercha caliente conformados con los grupos ProTaper y Mtwo, con los 3-4 mm apicales inmersos en un medio de cultivo. Las obturaciones con los dos instrumentos mostraron niveles similares de eficacia de sellado.

1.2.7.4.- Condensación lateral caliente.

AL comparar la capacidad de sellado de la condensación lateral y el sistema BeeFill instrumentando con Mtwo en un estudio de filtración, se obtuvo menor filtración con BeeFill, aunque sin diferencias significativas (Dadresanfar *et al.* 2010). Anantula & Ganta (2011) compararon la capacidad de sellado entre la técnica de condensación lateral, Obtura II y GuttaFlow usando limas ProTaper. La técnica de Obtura II tuvo la mejor adaptabilidad al conducto comparado con menor número de huecos que con Guttaflow y condensación lateral.

Con el objetivo de comparar la densidad de la gutapercha Nelson *et al* (2000) simularon conductos a 30° y los obturaron mediante condensación lateral de gutapercha fría. Posteriormente obturaron los mismos conductos dos veces con condensación lateral de gutapercha caliente usando System B a baja temperatura (101°C), sin sellador. La instrumentación se realizó con fresas Gates-Glidden y limas rotatorias Quantec. Los bloques de resina fueron pesados después de la instrumentación y después de cada obturación, mostrando la condensación lateral caliente un significativo incremento en densidad de la masa de gutapercha por el peso, siendo tras la primera obturación de 23.97% y la segunda fue de 2.59% sobre la primera aplicación de calor. Ambos incrementos fueron estadísticamente significativos.

1.2.7.5.- Condensación vertical caliente. Condensación de la onda continua.

Kandaswamy *et al* (2009) compararon la condensación lateral fría, condensación vertical de gutapercha termoplástica y GuttaFlow mediante una tomografía computarizada espiral. Mostrando GuttaFlow el mayor volumen de obturación, después la condensación vertical de gutapercha termoplástica y el menor volumen en la condensación lateral fría. Lea *et al.* (2004) compararon la densidad de la condensación de gutapercha lateral estándar y la condensación vertical caliente usando la técnica de condensación de la onda continua instrumentando con Gates Glidden y Profile .06. Los bloques se pesaron antes y después. La condensación vertical caliente usando la onda continua consiguió más peso comparado con la condensación lateral estándar

En otro estudio se evaluó la calidad de obturación del System B usándolo en tres pasos los 3 mm apicales y en un solo paso, posteriormente se rellenó con Obtura II. Adaptó mejor en el tercio apical se obtuvo cuando el condensador del System B se usó en tres pasos (Villegas *et al.* 2004).

Dos investigadores realizaron un estudio en un modelo de diente partido con surcos laterales y depresiones en dentina a 1, 3, 5 y 7 mm de la longitud de trabajo para evaluar la penetración de la gutapercha en los surcos laterales y depresiones en los 7 mm apicales usando el System B para la condensación de la onda continua y el Obtura II para el relleno. Se realizaron 3 grupos, grupo A, la punta del condensador del System B se situó a 5 mm de la longitud de trabajo; en el grupo B, se situó a 4 mm y en el grupo C, a 3 mm. El grupo C obtuvo estadísticamente mejor penetración de la gutapercha en las depresiones de dentina de 1 mm que el grupo A y B y mejor penetración de gutapercha en las depresiones de dentina de 3 mm que el grupo A. Se observó una diferencia significativa en la fluidez de la gutapercha en los surcos laterales a 3 mm de la longitud de trabajo en el grupo C. El grupo C mostró gutapercha en los surcos mientras que los grupos A y B no mostraron (Bowman y Baumgartner, 2002). En un estudio similar varios autores evaluaron la calidad y adaptabilidad de la gutapercha a las paredes del conducto radicular de dos puntas maestras de

gutapercha nº 45 con conicidades de .02 y .10 y posterior uso de System B y Obtura II. Se concluyó que la localización del punto de unión de la punta maestra de gutapercha y la mayor masa de la punta maestra de conicidad .10 puede afectar a la calidad y adaptación de la obturación del conducto radicular en la porción apical del conducto (Villegas *et al.* 2005).

Venturi *et al* (2005) también compararon dos técnicas de obturación con gutapercha caliente, como son la técnica de Schilder y condensación vertical con relleno apical, para evaluar la capacidad de relleno. Además estudiaron otras variables como la morfología, forma, conicidad y diámetro de los conductos laterales en dientes extraídos y propusieron una nueva técnica para hacer conductos laterales artificiales. Se observó una baja tasa de relleno en los conductos apicales en comparación con los coronales, no encontrándose diferencias en los 2 y 3 mm apicales en ambos sistemas de obturación, y una mayor tasa de relleno con condensación vertical con relleno apical en comparación con la técnica de Schilder. Pareció ser una técnica fiable para obtener conductos laterales estandarizados y poder comparar los procedimientos de obturación. Posteriormente varios autores hicieron un estudio más amplio que los anteriores, comparando en un modelo con un diente seccionado con defectos creados en las paredes del conducto, tres técnicas de obturación con gutapercha: condensación lateral fría, condensación lateral caliente y condensación vertical con gutapercha caliente. Se comparó la calidad para replicar los defectos en función de la ubicación y el tamaño del defecto usando para evaluar una escala ordinal de 0 a 4. Se obtuvieron mejores resultados estadísticamente significativos con ambas técnicas de obturación caliente en comparación con la condensación lateral fría y no hubo diferencias entre las dos técnicas de obturación calientes (Collins *et al.* 2006).

Sahni *et al* (2008), como en el estudio de Collins *et al.*, obtuvieron también mejores resultados con una técnica de obturación con gutapercha caliente, como la onda continua, comparado con el sistema de obturación Endo-Eze. Los conductos se conformaron con el sistema rotatorio Profile 29 Series. Cada diente fue incluido en resina y seccionado a 2, 6 y 12 mm del ápice y visionado con microscopio electrónico, evaluando los resultados en porcentajes de ocupación del conducto. La obturación con la onda continua logró de forma significativa

más gutapercha ocupando el espacio del conducto en todos los niveles que el sistema Endo-Eze. Además, ni Profile 29 Series ni el sistema Endo-Eze limpiaron y conformaron conductos elípticos consistentemente.

En otro estudio, se llegó a unas conclusiones totalmente contradictorias a las anteriores, al obtener peores resultados *in vitro* tras obturar con técnicas de condensación vertical caliente (BeeFill 2 en 1 y System B/Obtura II) frente a cono único con conicidad estandarizada Mtwo y condensación lateral fría. Los conductos fueron preparados con limas Mtwo. La filtración de las muestras se midieron después de 1 y 2 semanas. A la semana System B/Obtura II mostró la mayor cantidad de filtración. En la segunda semana el grupo de BeeFill dio la mayor cantidad de filtración. En comparación con sus valores a 1 semana, la filtración de todos los grupos probados disminuyó de forma significativa. La eficiencia de sellado apical del System B/Obtura II y BeeFill fue inferior a las otras técnicas de obturación después de 2 semanas de prueba *in vitro* (Yilmaz *et al.* 2009).

Posteriormente, Barbosa *et al* (2009) hicieron un estudio *in vitro* para comparar la frecuencia, localización y dirección de los conductos accesorios obturados con la técnica de condensación vertical hidráulica y la técnica de condensación de la onda continua. Las muestras se descalcificaron, deshidrataron, transparentizaron y fueron analizadas por tres investigadores distintos. No hubo diferencia significativa entre los dos grupos en relación con el número de total de ramificaciones obturadas. Las ramificaciones obturadas fueron detectadas más frecuentemente en direcciones hacia lingual, vestibular, disto-lingual y disto-vestibular. Concluyeron que las dos técnicas de obturación no fueron diferentes en relación con la frecuencia, localización y dirección de las ramificaciones obturadas.

Van der Borden *et al* (2010) realizaron un estudio *in vitro* haciendo cuatro grupos, para comparar el porcentaje de áreas del conducto obturadas con gutapercha, conformando los conductos con instrumentos rotatorios GT 30/0.06 en dos grupos y S-Apex 60 en otros dos grupos. Los conductos se obturaron con gutapercha y AH 26 mediante condensación lateral o una combinación de condensación lateral y vertical. Una combinación de la técnica de condensación

lateral y vertical logró porcentajes de áreas del conducto obturadas con gutapercha comparables en conductos preparados en incisivos laterales maxilares mediante el uso de instrumentos S-Apex o GT. El tamaño 60 en instrumentos S-Apex en conductos preparados en incisivos laterales maxilares puede ser obturado de forma apropiada usando una combinación de la técnica de condensación lateral y vertical. Las preparaciones con gran conicidad no fueron necesarias.

1.2.7.6.- Gutapercha termoplástica.

En este estudio se avaluó la suficiencia de condensación lateral, EQ Fil (retroobtusión) y Thermafil conformando con instrumentos rotatorios y usando tomografía computarizada helicoidal tridimensional. La condensación lateral mostró insuficiencia máxima de obturación y Thermafil mostró la menor insuficiencia de obturación (Chokkalingam *et al.* 2011).

Al comparar la filtración y la extrusión apical de la gutapercha termoplástica Thermafil con la condensación lateral no se obtuvieron diferencias significativas en un estudio *in vitro* en conductos curvos instrumentados con Profile .04. penetración lineal del colorante. El Thermafil resultó ser una buena alternativa a la condensación lateral para conductos curvos (Abarca *et al.* 2001).

Por su parte, el siguiente estudio persiguió comparar dos técnicas de gutapercha termoplástica entre sí. Se comparó *in vitro* la gutapercha termoplástica en dientes instrumentados con Profile 0.06 y Profile GT y posteriormente obturados con Thermafil Plus y Thermafil GT respectivamente combinados en 4 grupos. La técnica Thermafil careció de control sobre la longitud apical y Thermafil GT puede ser más propenso a la extrusión de gutapercha pasado el foramen apical que Thermafil Plus con un tamaño de foramen apical similar (Robinson *et al.* 2004).

Yelton *et al.* (2007) llevaron a cabo un estudio para medir la capacidad de una gutapercha termoplástica para obturar conductos radiculares preparados y

reproducir defectos intraconducto. Utilizaron tres modelos de diente partido con conicidad 0.06 y preparaciones con diferente calibre apical, 0,30 mm en el grupo A, 0,40 mm en el grupo B y 0,50 mm en el grupo C. Los resultados sugieren que el grupo B pudo reproducir mejor los defectos en el interior del conducto y la longitud de trabajo cuando usó gutapercha termoplástica inyectable.

1.2.7.7.- Técnicas clásicas y contemporáneas.

Para comparar las tasas de supervivencia entre las técnicas endodóncicas clásicas y modernas, varios investigadores realizaron un estudio retrospectivo de 984 dientes tratados endodóncicamente en 857 pacientes, usando técnicas clásicas con instrumentación mediante limas manuales de acero inoxidable, irrigación con hipoclorito de sodio al 5,25%, peróxido de hidrógeno al 3%, múltiples visitas de tratamiento en la mayoría de casos, etc. Se comparó con las técnicas contemporáneas usadas con instrumentación con limas manuales y rotatorias de níquel-titanio, tratamientos de una sola visita, irrigación con hipoclorito de sodio, EDTA, clorhexidina y peróxido de hidrógeno, obturación caliente vertical o condensación lateral, microscopio quirúrgico, localizadores electrónicos de ápices etc. En el grupo de técnicas clásicas se obtuvo una tasa de supervivencia del 98% con un promedio de tiempo de seguimiento de 75,7 meses. En el grupo de técnicas contemporáneas hubo una tasa de supervivencia total del 96% con un promedio de tiempo de seguimiento de 34 meses. El grupo clásico se completó de forma considerable en múltiples citas con un 91% que en el grupo contemporáneo fue de 39%. Un mayor número de dientes en el grupo clásico se sometieron intervenciones postratamiento (6,7% frente a 0,9% respectivamente). No hubo diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos o entre una sola visita o múltiples visitas a nivel de supervivencia (Fleming *et al.* 2010).

1.2.7.8.- Cambios térmicos.

Debido al aumento de temperatura producido durante la obturación de los conductos radiculares, Lipski llevó a cabo tres estudios *in vitro* independientes para medir el aumento de temperatura en la superficie externa radicular. En el primero obturó el conducto radicular mediante cuatro técnicas de obturación, en sesenta premolares con un solo conducto. El tercio apical fue conformado hasta una lima K del nº 40 con la técnica de *step-back*, el tercio medio y coronal se conformaron con limas Gates Glidden de tamaños 2 a 4. Se obturaron con gutapercha Thermafil y Soft-Core, en comparación con gutapercha termoplástica inyectada a baja temperatura Ultrafil y Trifecta. Los resultados sugirieron que el núcleo sólido de gutapercha combinado con técnicas de obturación de gutapercha inyectable a baja temperatura puede suponer menor riesgo de daño térmico para los tejidos perirradiculares (Lipski, 2004).

En un segundo estudio, Lipski usó dientes con un solo conducto. El tercio apical fue conformado hasta una lima K del nº 40 con la técnica de *step-back*, el tercio medio y coronal se conformaron con limas Gates Glidden de tamaños 2 a 4. La obturación se realizó con la técnica de condensación de la onda continua usando System B. El uso de ésta técnica produjo cambios en la superficie externa radicular, la cual en caso de dientes con paredes dentinales relativamente delgadas, puede alcanzar valores relativamente altos que puede resultar en daño potencial en el cemento radicular, ligamento periodontal y hueso alveolar (Lipski, 2005a).

En un estudio posterior, Lipski obturó con la técnica híbrida y Microseal en premolares maxilares y mandibulares con un solo conducto. La técnica híbrida fue realizada mediante condensación termomecánica con motor condensador utilizado tras la condensación lateral de la parte apical. El segundo grupo se obturó con Microseal. El incremento medio de temperatura durante la técnica híbrida con motor condensador fue de 23,8° C y con Microseal fue significativamente más baja siendo 5,5° C, por lo que el relativo aumento de temperatura elevado en la técnica híbrida podría ser causa de daño a los tejidos

periodontales. El aumento producido con Microseal estuvo por debajo del nivel crítico y no debería dañar las estructuras de soporte (Lipski, 2005 b).

1.2.8.- Resilon.

Desde su aparición en el mercado, se han realizado múltiples estudios de este nuevo material. Aunque no es objeto de estudio en este trabajo de investigación, se han revisado los artículos que tuvieran relación con las diferentes técnicas de obturación con gutapercha.

En un estudio se comparó en dientes humanos la resistencia de la interfase Resilon/Epiphany con la condensación vertical caliente de gutapercha/AH Plus, mediante una prueba de tracción en unos cortes finos de raíces. Los conductos radiculares se conformaron con instrumental rotatorio Profile hasta una lima ISO Nº 25 0.06 y a 1 mm del ápice. Los modos de fracaso de los trozos de raíz, después de la prueba de tracción, se examinaron con microscopio electrónico de barrido ambiental. La similar poca resistencia de la interfase lograda con ambos tipos de materiales de obturación radicular desafía el concepto de dientes obturados resistentes con el nuevo sistema de obturación radicular (Gesi *et al.* 2005).

En cambio, Biggs *et al.* (2006) compararon la capacidad de sellado de Resilon/Epiphany con gutapercha/Roth (base de eugenol) o AH Plus (base de resina epóxica) usando la condensación lateral. No hubo efecto en la filtración por la acción del tiempo y con Resilon/Epiphany fue estadísticamente igual, por lo que no fue mejor que la gutapercha/Roth o gutapercha/AH Plus en el sellado de los conductos radiculares.

En un estudio muy similar al de Biggs *et al.* se estudió la filtración de Resilon mediante la técnica de filtración de fluidos, los autores seleccionaron incisivos centrales maxilares y formaron 3 grupos de obturación con gutapercha y AH Plus, gutapercha y Sealapex, y Resilon (técnica del cono único) con sellador

Epiphany. Las diferencias entre los grupos 3 y 1 y grupos 3 y 2 fueron estadísticamente significativas. Aunque el grupo 2 fue el que más filtró, no hubo diferencia significativa entre los grupos 1 y 2 (Sagsen *et al.* 2006). Con posterioridad se hizo otro estudio de filtración *in vitro* de los conductos, pero esta vez fue del *Enterococcus faecalis* ATCC 29212. Lo realizaron sobre premolares mandibulares que fueron obturados con gutapercha y AH Plus o Resilon y Epiphany usando la técnica de condensación de la onda continua. Por lo que se llegó a la conclusión que no hubo ventajas aparentes en el uso de Resilon y Epiphany sobre gutapercha/AH Plus (Baumgartner *et al.* 2007).

Sly *et al.* (2007) llevaron a cabo un estudio en dientes con un solo conducto tratados endodóncicamente y obturados con Resilon/Epiphany y gutapercha con System B y Obtura II/AH 26. Se hicieron dos grupos y se cortaron horizontalmente para una prueba de resistencia a la tracción, la cual fue realizada en sentido ápico-coronal en una máquina de pruebas universal. La gutapercha tuvo significativamente una mayor fuerza de adhesión al empuje que Epiphany. En cambio, más tarde, Karr *et al.* (2007) compararon la fluidez de la gutapercha y del Resilon en los surcos y depresiones preparados en los 7 mm apicales del conducto y obturados con condensación vertical caliente. Un grupo se obturó con gutapercha con el System B y otro con Resilon con el obturador del System B, situado a 5, 4 y 3 mm de la longitud de trabajo. La gutapercha y el Resilon mostraron resultados similares en los surcos y depresiones de la dentina, con una diferencia significativa solamente encontrada con el aumento de la fluidez de la gutapercha en las depresiones hechas a 1 mm cuando el obturador del System B se puso a 3 ó 4 mm de la longitud de trabajo. No se observó extrusión de gutapercha o Resilon más allá de la longitud de trabajo, incluso cuando una lima K del nº 15 sobrepasó la constricción apical para permeabilizar. Tampoco se observaron zonas sin obturar entre las dos técnicas, lo que contrasta con el estudio de Bowman y Baumgartner quienes, usando un modelo similar para evaluar las características de fluidez de la gutapercha termoplástica, encontraron poros en la interfase cuando el obturador de System B se situó a 3 mm. Esto es debido a que se usaron limas para preparar el conducto de conicidad .06 frente a la conicidad .04 del estudio de Bowman, lo que proporcionó mayor espacio para el material de obturación. Las técnicas de gutapercha

termoplástica han demostrado mejor adaptación a las paredes del conducto y obturación de conductos laterales comparadas con la condensación lateral. Brothman (1980) demostró que la condensación de gutapercha caliente casi duplicó el número de conductos laterales obturados comparado con la condensación lateral”.

Para evaluar la citotoxicidad de Resilon y Epiphany frente a la gutapercha con AHPlus, en otro estudio se usaron discos planos de muestra donde se moldearon Resilon y gutapercha, anillos de cristal rellenos con los selladores Epiphany y AH-Plus o discos de celulosa embebidos con primer y fluidificante del sellador de Epiphany. En conclusión la citotoxicidad del conjunto Epiphany y Resilon fue comparable con la del conjunto AH-Plus y gutapercha. La citotoxicidad del sellador Epiphany, *primer* y fluidificador recién mezclados no excede a la del recién mezclado AH-Plus, mostrando ambos una respuesta citotóxica moderada. El sistema Epiphany combinado provocó una respuesta similar que el sellador Epiphany solo (Merdad *et al.* 2007).

En un estudio de filtración coronal tampoco hubo diferencias entre Resilon/Epiphany y gutapercha/AH Plus con condensación vertical caliente y lateral fría combinándolos en cuatro grupos. No se encontraron diferencias en el tiempo en cuanto a filtración entre los cuatro grupos (Williamson *et al.* 2009).

1.2.9.- Guttaflow.

El Guttaflow representa otro material de reciente aparición en el mercado y la finalidad de revisarlo brevemente se debe a la comparación junto a otras técnicas de obturación con gutapercha.

El Ayouti *et al* (2005) probaron de forma *in vitro* el material GuttaFlow simulando unas condiciones clínicas. Se conformó el tercio medio y coronal con instrumentos rotatorios HERO con 6% de conicidad y el tercio apical con instrumentos rotatorios LightSpeed. Los conductos se obturaron con GuttaFlow,

condensación lateral convencional de gutapercha y condensación vertical de gutapercha caliente. En otras secciones, el GuttaFlow obturó completamente el conducto radicular, aunque presentó con mayor frecuencia pequeños poros en el interior del material de obturación. La medida de los poros individualmente en el grupo de GuttaFlow fue más pequeña que en la condensación lateral y condensación vertical.

Para evaluar el sellador GuttaFlow, en otro estudio *in vitro* se comparó la filtración con la técnica de filtración de fluidos. En los grupos 1 a 3 se utilizaron conos maestros de gutapercha con relleno de sellador. El tercio apical se obturó con GuttaFlow y los conos maestros se recubrieron de sellador en el momento de situarlos, posteriormente se realizó un movimiento de arriba hacia abajo dos veces y el espacio restante se rellenó con Guttaflow en el grupo 1; se rotó 180 grados tras la inserción en el grupo 2. En el grupo 3, los conos maestros se usaron como transportadores para introducir el Guttaflow sin rellenar el tercio apical de sellador previamente. En el grupo 4 los conductos se obturaron con GuttaFlow sin cono maestro y se introdujo un léntulo. En el grupo 5 los conductos se obturaron con condensación vertical de gutapercha caliente con la onda continua y AH Plus. Se llegó a la conclusión que el uso de GuttaFlow con un cono único de gutapercha maestra proporcionó un sellado equivalente al que se obtuvo con la combinación de gutapercha/AH Plus usando la condensación caliente vertical (Brackett *et al.* 2006).

Herbert *et al.* (2009) compararon la calidad de obturación de los conductos radiculares con Guttaflow, Resilon/Epiphany y EndoRez preparando los conductos con instrumentos rotatorios Profile y Mtwo con una técnica híbrida. Se obturó con un cono maestro .04/30 para prevenir la sobreobturación. Estos resultados indicaron una obturación en el área apical crítica efectiva usando cualquiera de los tres materiales en combinación con una técnica de no condensación (Herbert *et al.* 2009).

1.2.10.- M.T.A.

Un grupo de investigadores realizaron un estudio *in vitro* para evaluar el potencial de sellado del Agregado Trióxido Mineral (MTA) para la obturación del conducto radicular, en comparación con la condensación lateral de gutapercha y gutapercha termoplástica a alta temperatura. Los conductos se prepararon con LightSpeed. No hubo diferencia significativa en filtración entre las dos técnicas de obturación con gutapercha. Los resultados obtenidos sugirieron que la obturación con gutapercha puede proporcionar un sellado apical superior al MTA (Vizgirda *et al.* 2004). En otro estudio de filtración y también de adaptación marginal con microscopio electrónico de barrido se evaluó la capacidad de sellado del extremo radicular de algunos materiales de retroobtusión. Los grupos fueron: grupo 1, retroobtusión con MTA-Angelus; grupo 2, con SuperEba y grupo 3, con Vitremer. El análisis estadístico mostró diferencias significativas en relación a la capacidad de sellado entre los tres materiales. En cuanto a la adaptación marginal el MTA-Angelus presentó el mejor resultado. La ausencia de correlación entre las dos metodologías fue claramente observada (Xavier *et al.* 2005).

Witherspoon (2008) en su artículo sobre nuevos materiales para realizar la terapia pulpar vital afirmó que actualmente el MTA es el material óptimo, comparado con el tradicional hidróxido de calcio, debido a la capacidad de sellado superior a largo plazo, estimulación de mayor calidad y cantidad de dentina reparativa.

1.3.- JUSTIFICACIÓN.

La instrumentación en endodoncia se ha realizado históricamente con limas manuales de acero inoxidable, Con la aparición de los instrumentos rotatorios de níquel-titanio comenzó una forma diferente de preparar los conductos radiculares. Estas limas supusieron una revolución en la instrumentación, debido a las ventajas en la instrumentación, rapidez y comodidad, también tuvieron una

serie de inconvenientes como la fractura por fatiga cíclica o torsión, mayor coste económico y necesidad de un aprendizaje para cada uno de los sistemas.

Con la finalidad de simplificar el tratamiento de conductos con sistema multilima, surgen hace unos pocos años al mercado los sistemas de lima única. En primer lugar fueron limas únicas de movimiento alternante, como Reciproc y WaveOne, añadiendo ventajas como la simplicidad en la instrumentación al trabajar el conducto una sola lima y la disminución de fracturas por el movimiento oscilatorio que realizan en el sentido horario y antihorario.

Más recientemente, han surgido varios sistemas de lima única, pero de movimiento continuo en su giro, como One Shape entre otros, lo que también simplifica mucho la técnica de trabajo frente a los sistemas multilima.

Debido a la aparición de estos nuevos sistemas que cambian totalmente el concepto de instrumentación en el proceso endodóncico y a la poca presencia de estudios científicos que evalúen sus propiedades, motivó la realización de esta tesis doctoral. Con la finalidad de analizar la conformación de las paredes del conducto y la adaptación posterior de los materiales de obturación mediante una técnica de obturación con condensación lateral modificada con gutapercha inyectada.

1.4.- OBJETIVOS.

1.4.1.- General.

1.4.1.1.- Describir la adaptación de los materiales de obturación a las paredes del conducto radicular cuando se usa la técnica de obturación de condensación

lateral modificada con gutapercha inyectada en función del sistema de preparación de conductos empleado.

1.4.2.- Específicos.

1.4.2.1.- Medir la adaptación a la pared del conducto radicular y la penetración de los materiales de obturación en los túbulos dentinarios en conductos preparados con un sistema de lima única y de movimiento alternante Reciproc®.

1.4.2.2.- Medir la adaptación a la pared del conducto radicular y la penetración de los materiales de obturación en los túbulos dentinarios en conductos preparados con un sistema de lima única y de movimiento alternante WaveOne®.

1.4.2.3.- Medir la adaptación a la pared del conducto radicular y la penetración de los materiales de obturación en los túbulos dentinarios en conductos preparados con un sistema de lima única y de movimiento continuo One Shape®.

1.4.2.4.- Medir la adaptación a la pared del conducto radicular y la penetración de los materiales de obturación en los túbulos dentinarios en conductos preparados con limas manuales K.

1.4.2.5.- Comparar el estado de la interfase entre los materiales de obturación y la dentina del conducto radicular en los 4 grupos, y concretamente, hacer la comparación entre los grupos de movimientos alternante y continuo, así como entre los grupos de instrumentación rotatoria frente al de instrumentación manual.

2.- METODOLOGÍA

2.1.- Búsqueda bibliográfica.

El método inicial seguido para realizar la revisión bibliográfica ha sido mediante la búsqueda en bases de datos Medline/PubMed.

2.1.1.- Criterios de la búsqueda bibliográfica.

La limitación de la búsqueda se limitó a revistas indexadas publicadas entre septiembre de 2007 y marzo de 2015.

2.1.2. - Descriptores.

Los descriptores empleados para la búsqueda bibliográfica fueron: shaping and reciproc, shaping and waveone, shaping and oneshape, shaping and protaper, shaping and mtwo, obturation and reciproc, obturation and waveone, obturation and oneshape, obturation and protaper, obturation and mtwo, filling and reciproc, filling and waveone, filling and protaper, filling and mtwo, root and canal and filling, root and canal and filling reciproc, root and canal and filling waveone, root and canal and filling oneshape, root and canal and filling and protaper, root and canal and filling and mtwo, canal and shaping and protaper, canal and shaping and reciproc, canal and shaping and waveone, canal and shaping and oneshape, canal and shaping and mtwo, root and canal and shaping and reciproc, root and canal and shaping and waveone, root and canal and shaping and oneshape, root and canal and shaping and protaper, root and canal and shaping and mtwo, reciproc and waveone, reciproc, waveone, cold and lateral and condensation,

compactation, obturation and lateral, obturation and vertical, warm and vertical and condensation, warm and gutta-percha.

2.1.3.- Limitación estudios.

Estudios realizados en humanos o en animales, sin límite de edad, raza, sexo.

2.1.4.- Idiomas.

Inglés y español.

2.1.5.- Artículos completos o Selección

Se utilizaron solo artículos a los que se pudo acceder completamente.

2.2.- Procedimiento.

2.2.1.- Resumen.

En este estudio, se realizó la conformación de 40 raíces con un solo conducto radicular, mediante el uso de tres sistemas de conformación mecánica de lima única y un sistema de conformación manual. Posteriormente, se obturaron con la técnica de condensación lateral modificada con gutapercha inyectada. Finalmente, se observó el grado de adaptación de los materiales de obturación al conducto radicular en los tercios coronal, medio y apical, mediante microscopio confocal láser y microscopio electrónico de barrido.

2.2.2.- Muestra.

La muestra se compuso de raíces humanas unirradiculares de incisivos, caninos, raíces palatinas de molares siendo todos estos maxilares y premolares mandibulares, después de obtener un consentimiento informado para ello y para su utilización en este estudio.

2.2.2.1.- Tamaño muestral.

Se usaron un total de 40 dientes humanos exodonciados.

2.2.2.2.- Criterios de inclusión y exclusión.

Los criterios usados para la selección de los elementos muestrales fueron los siguientes:

1. Dientes humanos exodonciados.
2. Raíces de incisivos maxilares, caninos maxilares, raíces palatinas de molares maxilares y premolares mandibulares, con raíces rectas o curvatura moderada menor de 10° , según la técnica de Schneider (1971) (Figuras 1 y 2).

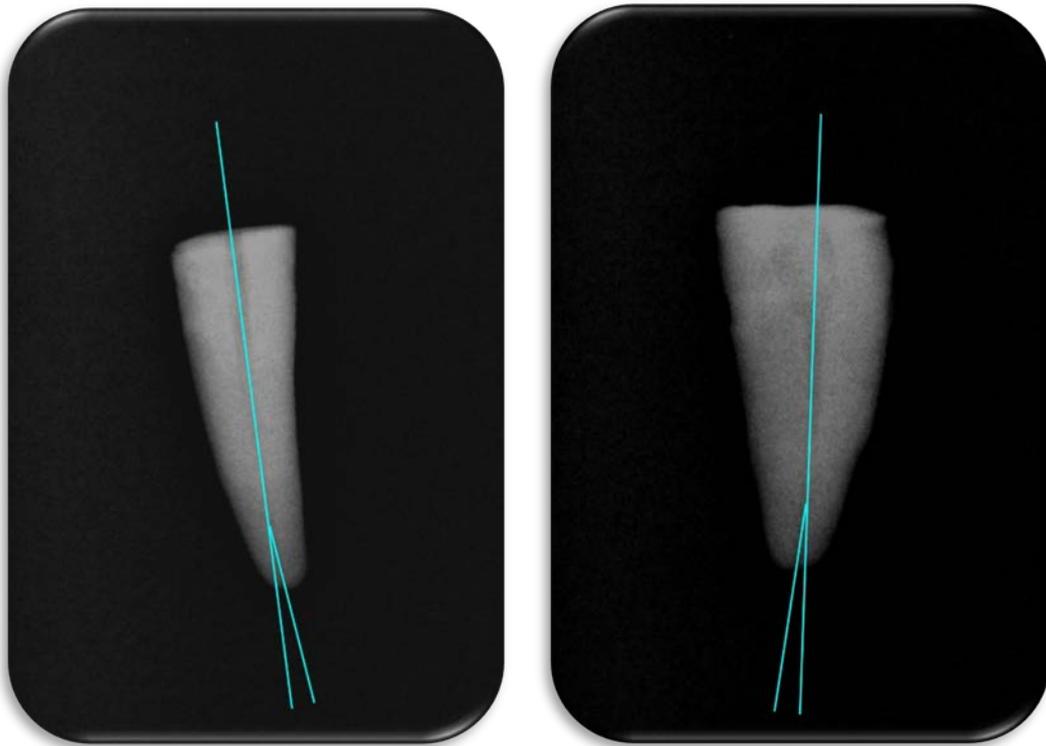


Figura 1. Técnica de Schneider en vestibular muestra C6 *Figura 2. Técnica de Schneider en proximal muestra C6.*

3. Corona anatómica no necesariamente intacta.
4. Morfología interna tipo I de Wein con un solo conducto radicular confirmado con las radiografías tomadas en proyección vestibulo-palatina y mesio-distal a una distancia constante (Figuras 3 y 4).

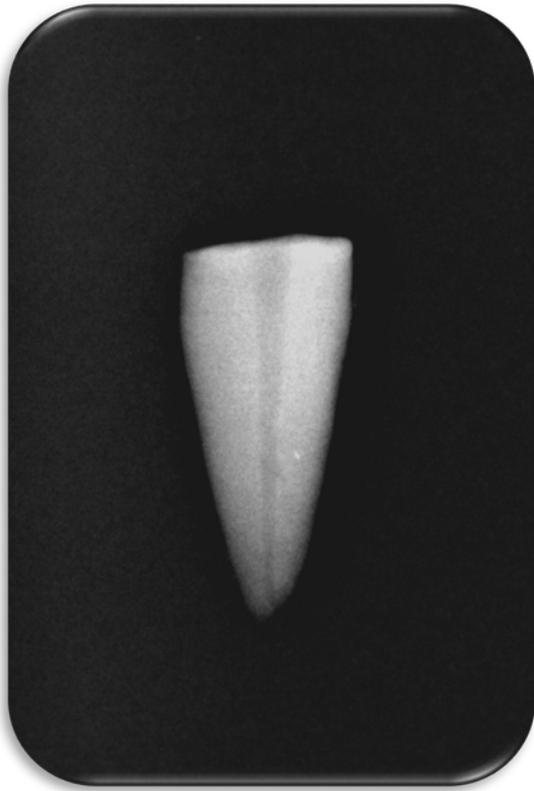


Figura 3. Proyección vestibulo-palatina muestra B3.

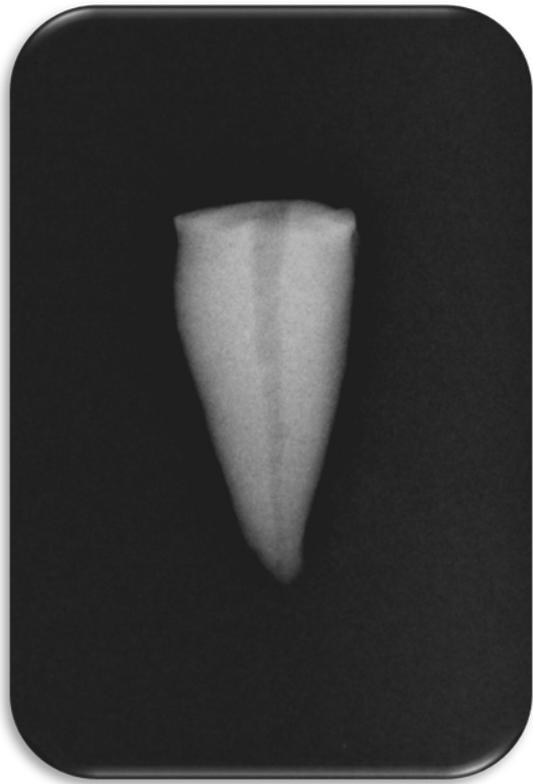


Figura 4. Proyección proximal muestra B3.

5. Raíces con ápices radiculares intactos, ausencia en las raíces de caries, resorciones internas o externas, conductos calcificados, forámenes apicales inmaduros, anatomía aberrante, hipercementosis apical, cementomas, fallos estructurales externos o cualquier otra anomalía radicular (Figura 5).

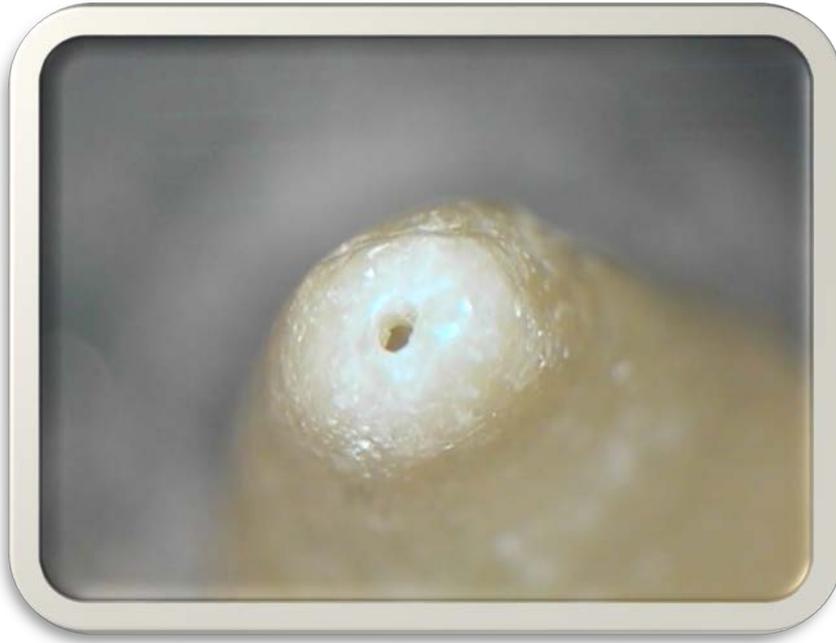


Figura 5. Ápice radicular intacto y permeable en muestra C3.

6. Fisuras o líneas de fisuras cuando fueron examinados con estereomicroscopio a 40 aumentos para confirmar la ausencia de grietas (Yilmaz *et al.* 2009; Lipski, 2005a) (Figura 6) y con transiluminación (Figura 7).



Figura 6. Observación microscópica.



Figura 7. Método de transiluminación.

7. No haber recibido ningún tratamiento de conductos previamente.
8. Posibilidad de permeabilización del conducto con lima C+ del tamaño 10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza).

2.2.2.3.- Distribución por grupos.

Las 40 raíces se dividieron en 4 grupos distintos, conformándose con 3 técnicas de limas rotatorias distintas y una técnica de limas manuales, y la posterior obturación con una única técnica de gutapercha. Los grupos se identificaron como A, B, C y D (formado cada uno de ellos por 10 especímenes).

El grupo de limas manuales se usó como el grupo control positivo

Los grupos se formaron mediante asignación aleatoria.

La preparación de los conductos de cada grupo fue la siguiente:

Grupo A: Conformación con limas rotatorias de níquel-titanio de movimiento alternante Recipro[®] del tamaño R25 y conicidad 0,08 -VDW GmbH, Munich, Alemania- (RE).

Grupo B: Conformación con limas rotatorias de níquel-titanio de movimiento alternante WaveOne[®] del tamaño Primary 025 y conicidad 0,08 -Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza- (WO).

Grupo C: Conformación con limas rotatorias de níquel-titanio de movimiento continuo One Shape[®] del tamaño 25 y conicidad 0,06 -Micro-Mega, Besanzón, Francia- (OS).

Grupo D: conformación con limas manuales K FlexoFile[®] -Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza- (KF) del tamaño ISO 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y los sucesivos tamaños hasta conformar el conducto en toda su longitud, con la técnica escalonada ápico-coronal.

2.2.2.4.- Preparación de los especímenes.

A.- Método de conservación.

Inmediatamente después de la exodoncia, se almacenaron en contenedores de plástico con cierre hermético y opacos (Figura 8), con suero fisiológico al 0,9% Vitulia -Laboratorios Ern, Barcelona, España- (SF) y solución de timol al 0,1% (Timol 0,1%, glicerina 2%, alcohol 96,2% y agua c.s.p. 250 ml) (Figuras 9 y 10) hasta su preparación.

Además del efecto desinfectante, el timol se usó para evitar la desecación (Hörsted-Bindslev *et al.* 2007).

2.- METODOLOGÍA: PROCEDIMIENTO

La solución salina se cambió diariamente hasta que se recogió el suficiente número de dientes (Kandaswamy *et al.* 2009).



Figura 8. Contenedores herméticos y opacos.



Figura 9. Suero fisiológico al 0,9%.



Figura 10. Solución de timol al 0,1%.

Posteriormente se lavaron con agua corriente durante 24 horas para eliminar cualquier resto de esta sustancia (Barbosa *et al.* 2009).

B.- Eliminación de la corona anatómica.

Las coronas fueron seccionadas por debajo de la línea amelocementaria para ajustar la longitud de todas las muestras a una longitud normalizada de 15 mm. (Yilmaz *et al.* 2009). Se realizó con una fresa troncocónica fina de diamante de grano grueso FG D3/6 (Intensiv, S. A., Grancia, Suiza) montada en turbina (Figuras 11, 12 y 13).



Figura 11. Fresa troncocónica de diamante.



Figura 12. Turbina.



Figura 13. Dientes seccionados a nivel de L.A.C.

C.- Limpieza y desinfección.

Se realizó con agua y cepillo, posteriormente se introdujo en una solución de hipoclorito sódico al 2% durante 60 minutos para desinfectar y eliminar restos orgánicos de los conductos (Figura 14).



Figura 14. Inmersión en hipoclorito sódico al 2%.

Tras esto se eliminaron los restos radiculares de sarro y tejido periodontal con el aparato de ultrasonidos LM (LM-Instruments Oy, Parainen, Finlandia) y cureta periodontal Gracey del nº 7 y 8 mini five de Hu-Friedy (Hu-Friedy Mfg.Co., Inc., Chicago, IL, Estados Unidos de América) (Figuras 15 y 16).



Figura 15. Eliminación restos con ultrasonidos.

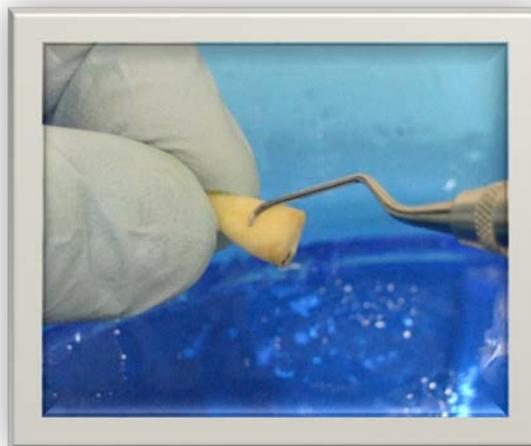


Figura 16. Eliminación restos con cureta periodontal.

D.- Preparación del acceso al conducto radicular.

Mediante una fresa esférica de tallo largo de diamante para apertura cameral FG 201 NL/6 (Intensiv, S. A., Grancia, Suiza) montada en turbina (Figura 17) y la posterior conformación del perímetro cameral con fresa Endo-Z -Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza- (Figura 18) se procedió a la localización de los conductos.



Figura 17. Apertura cameral.



Figura 18. Conformación del perímetro cameral.

Los restos de pulpa fueron removidos con tiranervios nº 35 XF rojo (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suiza) y limas C+® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) (Figura 19).

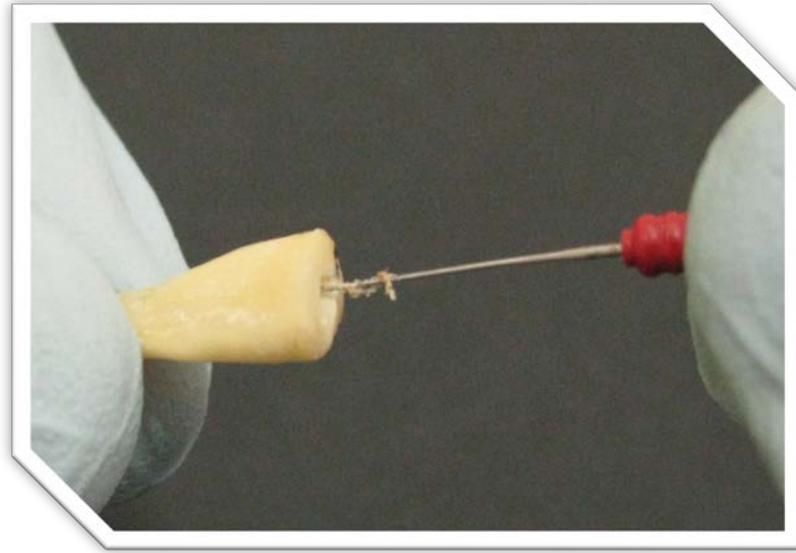


Figura 19. Tiranervios nº 35.

Posteriormente los conductos fueron enjuagados, secados y se fijó una bolita de algodón a la superficie externa para cubrir el foramen apical y simular las condiciones de permeabilidad apical clínica (Kandaswamy *et al.* 2009) (Figura 20).



Figura 20. Foramen apical cubierto.

2.2.2.5.- Preparación de los conductos radiculares.

El procedimiento seguido para la limpieza, conformación y obturación del conducto fue realizado en todos los casos con magnificación mediante el uso del microscopio quirúrgico (Brackett *et al.* 2006) OPMI Pico -Carl Zeiss Surgical, Inc., Thornwood, NY, Estados Unidos- (Figura 21).

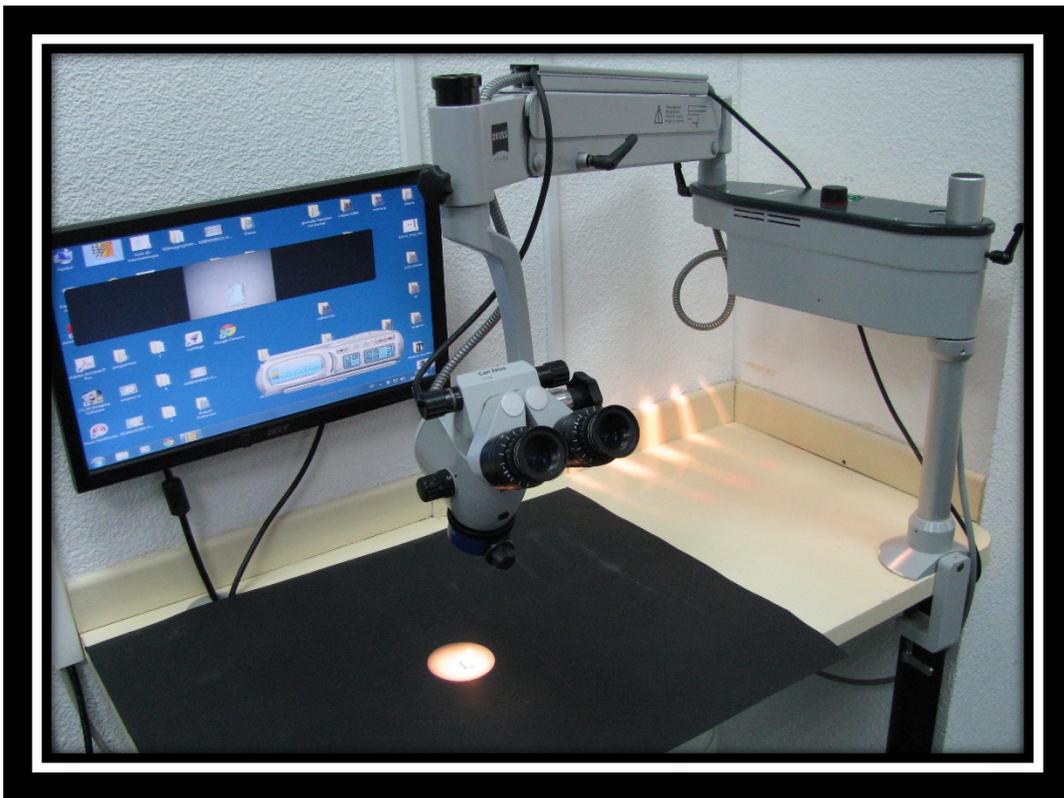


Figura 21. Microscopio quirúrgico.

A.- Permeabilización con limas manuales.

La permeabilización del conducto se realizó con limas C+® del tamaño 08 y 10 (fabricadas en acero inoxidable endurecidas al carbono) que presentan sección cuadrada y punta piramidal (Figuras 22 y 23).

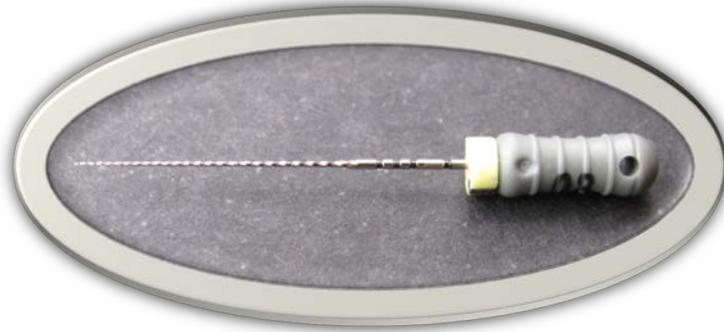


Figura 22. Lima C+ tamaño 08.



Figura 23. Lima C+ tamaño 10.

B.- Determinación de la longitud del conducto radicular.

La longitud de trabajo se determinó con una lima C+® del tamaño 10 cuando la punta fue visible en el foramen apical y a la medida obtenida se le sustrajo 1 mm, para determinar la longitud de trabajo correcta (Nelson *et al.* 2000; Abarca *et al.* 2001; Lipski, 2004; Vizgirda *et al.* 2004; Lea *et al.* 2004; Zmener *et al.* 2005;

Lipski, 2005a; Barbosa *et al.* 2009; Bhatti *et al.* 2010; Nagaraja y Murthy 2010; Kuga *et al.* 2010; Endal *et al.* 2011) (Figura 24).

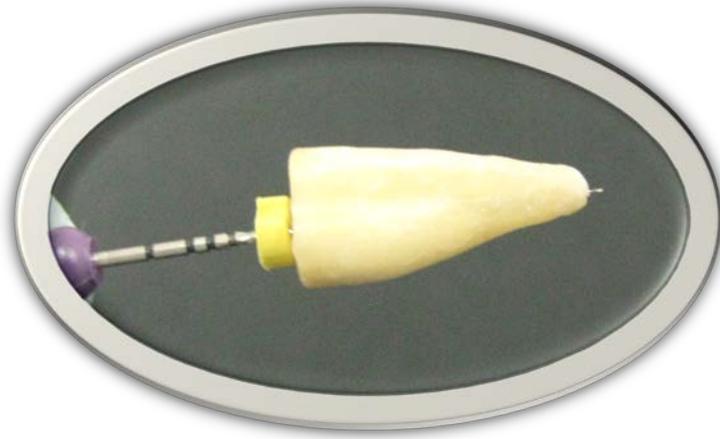


Figura 24. Determinación longitud de trabajo.

C.- Permeabilización con limas rotatorias.

Para aumentar la permeabilidad de los conductos radiculares previo a la instrumentación mecánica se utilizaron las limas ProGlider® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) en los grupos A, B y C (Figura 25).



Figura 25. Lima ProGlider.

C.1.- Descripción del sistema.

Están fabricadas en una aleación de níquel-titanio denominada M-Wire® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza).

Se presentan en un único tamaño marcado con anillo de color blanco en el mandril, teniendo una tamaño en la punta de 16 y conicidad 0,02, con una conicidad progresiva variable del 2% al 8,5%.

La sección es cuadrada centrada con ángulos helicoidales variables y la punta es semiactiva

La longitud de su parte activa es de 18 mm.

C.2.- Uso de las limas.

C.2.1.- Movimiento.

Se usaron de forma mecánica con un movimiento continuo en el sentido de las agujas del reloj, avanzando pasivamente por los conductos hasta llegar a la longitud de trabajo. En los movimientos de retroceso y salida de la lima del conducto se apoyó la lima contra las paredes haciendo un movimiento de cepillado, cuando fue necesario.

C.2.2.- Torque.

Para un uso óptimo se usó un torque de 2 Ncm.

C.2.3.- Velocidad.

Se utilizó a una velocidad constante de 300 r.p.m. con una ligera presión apical.

C.3.- Procedimiento.

- 1.- Se preparó el acceso en línea recta al orificio de entrada del conducto.
- 2.- Se exploró el conducto con limas C+[®] hasta un tamaño de 10.
- 3.- Irrigación con hipoclorito de sodio al 5,25% Dentaflux[®] -J. Ripoll, S.L., Algete, España- -ClONa- (Figura 26).
- 4.- Se utilizó ProGlider[®] en una o más pasadas hasta alcanzar la longitud de trabajo y posteriormente se realizó un movimiento de cepillado contra las paredes del conducto.
- 5.- Se irrigó de nuevo con ClONa la permeabilidad aumentada.
- 6.- Antes de realizar la conformación del conducto con la lima definitiva de cada sistema, se volvió a confirmar la longitud de trabajo.



Figura 26. Hipoclorito al 5,25%.

C.4.- Selección.

Se seleccionó el único tamaño disponible de lima 16/0,02.

D.- Instrumentación.

La preparación de todos los conductos radiculares fue realizada por el mismo operador para evitar variaciones en la técnica de preparación (Bürklein *et al.* 2013a; Bürklein y Schäfer, 2013).

Se utilizaron sistemas de preparación rotatoria de los conductos basados en la técnica de “lima única”.

Se escogieron 4 sistemas de instrumentos.

20 especímenes fueron trabajados con rotación alternante y 10 con rotación continua. En todos estos casos se trató con limas fabricadas con aleaciones de níquel-titanio y propulsadas mecánicamente.

10 especímenes se conformaron manualmente con limas de acero mediante la técnica escalonada ápico-coronal.

Con cada una de las limas se conformó un máximo de 4 conductos radiculares (Bürklein *et al.* 2012; Bürklein *et al.* 2013a y b).

Durante y después del uso de cada lima, se examinó cada una de ellas para descartar deformaciones y/o fractura (Kim *et al.* 2013).

D.1.- Instrumentación con el sistema Reciproc®.

D.1.1.- Descripción del sistema.

El sistema RE está formado por limas fabricadas con una aleación de níquel-titanio M-Wire®.

Es un sistema de lima única rotatoria.

El sistema consta de limas de tres tamaños, con conicidad variables y tres longitudes diferentes (Figura 27).



Figura 27. Diferentes tamaños de limas Reciprocas.

Disponen de punta no activa y la sección transversal es en forma de S con dos puntos de contacto, los espacios a los lados de los filos le sirven para evacuar dentina hacia el exterior.

La parte activa de la lima es de 16 mm.

D.1.2.- Uso de las limas.

D.1.2.1.- Movimiento.

En la técnica de movimiento alternante, el instrumento es impulsado en primer lugar en una dirección de corte en sentido antihorario y posteriormente se

produce un giro en sentido horario para liberar el instrumento dentro del conducto. Una rotación de 360° se completa con tres movimientos alternantes.

El ángulo en la dirección de corte es mayor que el ángulo en sentido inverso, de manera que la lima avanza continuamente hasta el ápice.

La velocidad de giro es el equivalente a 300 r.p.m. realizando 5 ciclos por segundo.

D.1.3.- Procedimiento.

La preparación se realizó de la siguiente manera:

- 1.- Tras la determinación de la longitud de trabajo y su permeabilización se colocó irrigante en la cavidad de acceso al conducto radicular.
- 2.- Se instrumentó el conducto con lentos movimientos de picoteo hacia dentro y hacia fuera, con una amplitud de entrada y salida sin sobrepasar los 3 mm, aplicando una ligera presión apical. De esta manera el instrumento avanzó hacia el conducto fácilmente. Un movimiento de entrada y salida correspondió a un picoteo, pudiendo hacer movimientos de cepillado laterales con la salida de la lima.
- 3.- Después de realizar los tres picoteos, se retiró el instrumento del conducto y se procedió a eliminar los restos acumulados entre los filos cortantes mediante la punción en una esponjilla específica para limas de endodoncia.
- 4.- Irrigación del conducto mediante CIONa.
- 5.- Mediante el uso de una lima manual C+® del tamaño 10, permitió asegurarse que el conducto estuvo libre hasta aproximadamente un 30% más allá de la sección de conducto preparada.

6.- Se continuó con la lima RE con el tope de silicona de referencia hasta que se alcanzó aproximadamente 2/3 de la longitud de trabajo. Se utilizó la lima C+ del tamaño ISO 10 para determinar la longitud de trabajo.

7.- Se prosiguió con la lima RE hasta que se alcanzó toda la longitud de trabajo.

8.- Finalmente se procedió a la retirada del instrumento del conducto radicular.

Cuando se alcanzó la longitud de trabajo se retiró el instrumento porque trabajar un tiempo excesivo el ápice podría haber producido la transportación del conducto y la fractura del instrumento.

La lima rotatoria se removió y limpió, y se irrigó el conducto cuando se encontró resistencia apical o escalón apical, repitiendo estos pasos hasta que se alcanzó la longitud de trabajo.

Se comprobaron las condiciones de cada lima después del tratamiento de cada conducto y se retiraron todos los instrumentos que mostraron signos de estiramiento, desgaste o fatiga prematura.

El instrumental rotatorio usado con las diferentes limas fue el motor modelo VDW.SILVER® (VDW® GmbH, Munich, Alemania) con contraángulo con reducción 6:1 Sirona (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Alemania). El programa ajustado en el motor fue "Reciprocation Reciproc All" -Yoo y Cho, 2012- (Figura 28 y 29).



Figura 28. Motor de endodoncia VDW.SILVER.



Figura 29. Contraángulo reductor 6:1.

La irrigación se realizó lentamente con cada cambio de lima mediante CIONa al 5,25%. Para ello se utilizó una jeringa desechable de 5 ml Luer-Lock® -Becton Dickinson and Company, Franklin Lakes, NJ, Estados Unidos de América- (Figura 30) y una aguja Endoneedle® -Elsodent, Cergy Pontoise, Francia- (Figura 31) con un calibre 30, de punta roma y salida lateral. En cada conducto radicular se usaron un total 6 jeringas de 5 ml., para completar un volumen de irrigación final de 30 ml y de esta manera simular al máximo las condiciones *in vivo*.



Figure 30. Jeringa desechable.

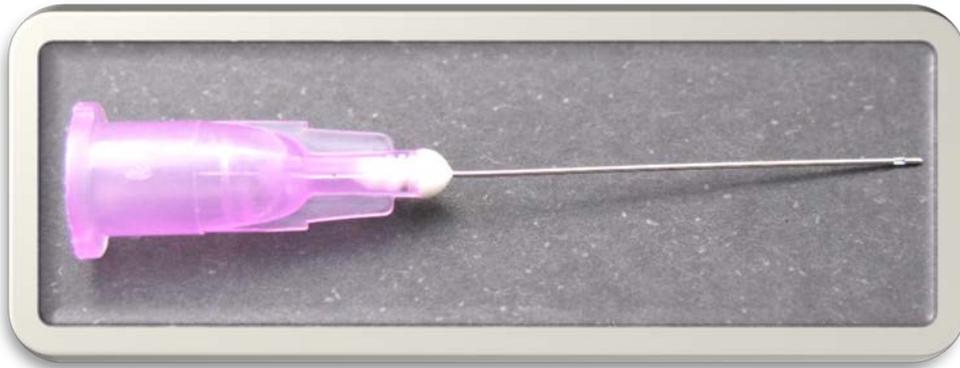


Figura 31. Aguja irrigación con salida lateral.

Se procedió a realizar agitación ultrasónica mediante el ultrasonidos VDW.ULTRA® -VDW GmbH, Munich, Alemania- (Figura 32) con el modo de endodoncia seleccionado y con las limas Irrisafe 25/25 mm. -Satelec, Merignac, Francia- (Figura 33) insertadas a 2 mm. de la longitud de trabajo. Se completaron 3 ciclos de 20 segundos durante 1 minuto realizando un movimiento suave y circular, sin contactar con el conducto radicular y con el foramen apical sellado para evitar la salida del irrigante (Mozo *et al.* 2014; Llena *et al.* 2105). Entre cada ciclo de agitación ultrasónica se irrigó con 2 ml. de ClONa al 5,25% para limpiar y desinfectar el conducto. El ultrasonidos permitió la penetración del agente irrigante en los túbulos dentinarios, de esta manera quedaron los conductos limpios de materia orgánica.



Figura 32. Ultrasonidos VDV.ULTRA.



Figura 33. Lima Irrisafe tamaño 25

A continuación se irrigó el conducto con 5ml de SF para eliminar restos de hipoclorito y materia orgánica tras la agitación ultrasónica.

Posteriormente se irrigó con 3 ml de ácido etilendiaminotetraacético Ultradent® EDTA 18% Solución para la irrigación del conducto radicular -Ultradent Products, Inc., South Jordan, UT, Estados Unidos- -EDTA- (Figura 34) durante 2 minutos, para aplicar de nuevo el ultrasonidos con 1 ciclo de 20 segundos y eliminar materia inorgánica como detritus y barrillo dentinario (Huybrechts *et al.* 2009).

Se aplicó de nuevo SF para eliminar el EDTA del conducto junto con la materia inorgánica resultante.



Figura 34. EDTA al 18%.

Al terminar el protocolo de irrigación los conductos fueron irrigados con 3 ml de agua destilada, secados con puntas de papel de conicidad estandarizado de cada sistema.

Antes de la obturación se realizó la permeabilización apical con una lima C+® del tamaño 10 sobrepasando la longitud de trabajo de cada conducto en 1 mm

(Zmener *et al.* 2005; Villegas *et al.* 2004) para eliminar los posibles restos dentinarios presentes tras la conformación del conducto y extrusión apical. Tras esto, los dientes fueron mantenidos con una gasa humedecida en suero fisiológico hasta su obturación.

D.1.4.- Selección.

Se utilizó la R25 con anillo de color rojo (ya que en el resto de grupos se usó también el mismo tamaño en la punta del instrumento), que tiene un tamaño ISO en la punta de 25 y una conicidad de 0,08 mm en los primeros mm apicales. A una distancia de 1 mm de la punta presenta un diámetro de 0,33 mm, a 2 mm de 0,41 mm, a 3 mm de 0,49 mm y a 16 mm de 1,05mm (Figura 35).



Figura 35. Lima Reciproc tamaño R25.

D.2.- Instrumentación con el sistema WaveOne®.

D.2.1.- Descripción del sistema.

Las limas WO están fabricadas con la aleación de níquel-titanio M-Wire[®], compuestas de nitinol 508.

Es un sistema de lima única rotatoria.

Éste sistema dispone de limas de tres tamaños con conicidades variables y tres longitudes diferentes (Figura 36).



Figura 36. Diferentes tamaños de limas WaveOne.

Presentan punta guía modificada y la sección transversal es variable, en la zona más cercana a la punta presenta forma triangular con concavidades y cercana al mango es triangular convexa, presentando tres superficies cortantes.

El ángulo de corte es negativo.

D.2.2.- Uso de las limas.

D.2.2.1.- Movimiento.

La lima conforma la dentina en giro alterno, cambiando continuamente su sentido de rotación durante el procedimiento de conformación: realiza un ángulo de rotación amplio en el sentido de corte (sentido antihorario) de 120°. Un ángulo menor en el sentido contrario (sentido horario) de 60° libera a la lima y le ayuda a avanzar de forma progresiva por el conducto.

La velocidad de giro es el equivalente a 350 r.p.m.

D.2.3.- Procedimiento.

La preparación se realizó de la siguiente manera:

- 1.- Tras la determinación de la longitud de trabajo y su permeabilización se colocó irrigante en la cavidad de acceso al conducto radicular.
- 2.- Se inició la preparación con la lima WO realizando un movimiento de picoteo suave hacia dentro, con avances de 2-3 mm de profundidad hasta que la lima avanzó de forma pasiva y se notó resistencia.
- 3.- Se sacó la lima WO, se eliminaron los restos de dentina y se inspeccionaron las espiras cortantes.
- 4- Irrigación del conducto mediante CIONa.
- 5.- Mediante el uso de una lima manual C+[®] del tamaño 10, se permeabilizó de nuevo el conducto hasta que se encontró resistencia y la lima ya no pudo

penetrar más. Inmediatamente se usó de nuevo la lima WO hasta conformar los dos tercios coronales del conducto radicular.

6.- Se preparó el tercio apical con una lima manual C+® del tamaño 10 hasta que llegó de forma pasiva al ápice, estableciendo la longitud de trabajo final y confirmando la permeabilidad.

7.- Conformación con la lima WO hasta la longitud de trabajo final.

8.- Finalmente se procedió a la retirada del instrumento del conducto radicular.

La lima rotatoria se removió y limpió, y se irrigó el conducto cuando se encontró resistencia apical o escalón apical, repitiendo estos pasos hasta que se alcanzó la longitud de trabajo.

Se comprobaron las condiciones de cada lima después del tratamiento de cada conducto y se retiraron todos los instrumentos que mostraron signos de estiramiento, desgaste o fatiga prematura.

El instrumental rotatorio utilizado (ajustado en el programa “Reciprocation Wave One All”) (Yoo y Cho, 2012), el protocolo de irrigación y los procedimientos realizados tras la conformación fueron los mismos que los descritos en el punto A.3.

D.2.4.- Selección.

La conformación de los conductos se llevó a cabo mediante la selección del tamaño Primary 025, con un tamaño ISO en la punta de 25 y con una conicidad de 0,08 mm (Figura 37).



Figura 37. Lima WaveOne tamaño Primary 025.

D.3.- Instrumentación con el sistema One Shape®.

D.3.1.- Descripción del sistema.

Las limas OS están fabricadas en aleación de níquel-titanio.

Es un sistema de lima única rotatoria.

Está disponible en un único tamaño y opcionalmente tiene dos tamaños adicionales para el acabado apical en determinadas situaciones.

Presenta una sección transversal asimétrica variable a lo largo del filo cortante que se divide en tres zonas, con una distancia amplia entre los filos. En la zona apical presenta un diseño de tres bordes cortantes variables. En la zona de transición, la sección transversal cambia progresivamente de tres a dos bordes cortantes y en la zona coronal está provisto de dos filos cortantes.

D.3.2.- Uso de las limas.

D.3.2.1.- Movimiento.

La lima trabaja el conducto radicular con un movimiento de giro continuo de 360°.

El torque utilizado fue de 2,5 Ncm.

La revoluciones usadas estuvieron comprendidas entre 350 y 450 r.p.m.

D.3.3.- Procedimiento.

La preparación se realizó de la siguiente manera:

- 1.- Tras la determinación de la longitud de trabajo se colocó irrigante en la cavidad de acceso al conducto radicular.
- 2.- Se introdujo la lima OS en el conducto hasta llegar a 2/3 de la longitud de trabajo utilizando un movimiento de entrada y salida sin presión. Se realizó un movimiento circular de hacia arriba con la finalidad de ensanchar el conducto.
- 3.- Se retiró el instrumento del conducto y se limpió.
- 4- Se irrigó el conducto mediante CIONa.
- 5.- Mediante el uso de una lima manual C+® del tamaño 10, se permeabilizó de nuevo el conducto.

6.- Se introdujo de nuevo la lima con un movimiento de entrada y salida sin presión, hasta situarse a 3 mm de la longitud de trabajo.

7.- Reintroducción de la lima hasta la longitud de trabajo con el movimiento de entrada y salida sin presión, realizando un movimiento hacia arriba de forma circular en caso necesario.

8.- Finalmente se procedió a la retirada del instrumento del conducto radicular.

La lima rotatoria se removió y limpió, y se irrigó el conducto cuando se encontró resistencia apical o escalón apical, repitiendo estos pasos hasta que se alcanzó la longitud de trabajo.

Se comprobaron las condiciones de cada lima después del tratamiento de cada conducto y se retiraron todos los instrumentos que mostraron signos de estiramiento, desgaste o fatiga prematura.

El instrumental rotatorio utilizado (seleccionando el programa "Rotary Dr's", con los parámetros ajustados descritos en los puntos C.2.2 y C.2.3, según la recomendación del fabricante), el protocolo de irrigación y los procedimientos realizados tras la conformación fueron los mismos que los descritos en el punto A.3.

D.3.4.- Selección.

La conformación del conducto se llevó a cabo mediante la única lima OS disponible, con un tamaño ISO en la punta del 25 y una conicidad de 0,06 mm (Figura 38).



Figura 38. Lima One Shape.

D.4.- Instrumentación con el sistema de limas K FlexoFile®.

D.4.1.- Descripción del sistema.

Las limas del grupo KF están fabricadas en acero inoxidable por torsión.

Es un sistema de limas manuales.

El sistema consta de limas de quince tamaños que siguen el código ISO, con conicidad del 0,02 y tres longitudes diferentes (Fig. 39).

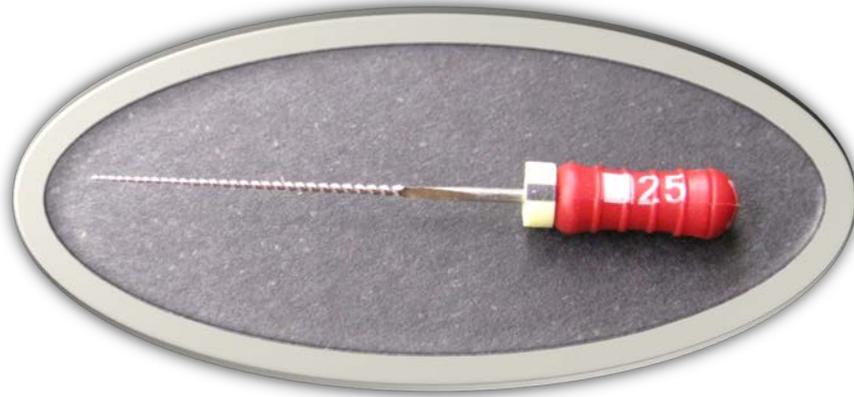


Figura 39. Ejemplo Lima K-Flexofile tamaño 25.

Presentan una punta de Batt de 55° no cortante con el extremo redondeado y punta de 75° para instrumentos de tamaño ISO 55 y superiores.

La parte activa tiene una longitud de 16 mm.

La sección transversal es triangular para tamaños de lima ISO 15 y superiores, para tamaños más pequeños la sección es cuadrada.

D.4.2.- Uso de las limas.

D.4.2.1.- Movimiento.

El conducto se conformó de forma manual mediante un movimiento alterno de rotación de un cuarto de vuelta o movimiento oscilatorio de un tercio de vuelta, y movimientos de impulsión-tracción y raspado de las paredes al extraer la lima.

D.4.3.- Procedimiento.

Los conductos se conformaron con limas manuales con la técnica escalonada ápico-coronal.

La preparación se realizó de la siguiente manera:

1.- Tras la determinación de la longitud de trabajo se colocó irrigante en la cavidad de acceso al conducto radicular.

2.- Inicialmente, se ensanchó el ápice radicular con las limas KF del tamaño 15 y 20, introduciéndolas en el conducto con giros alternos en sentido horario y antihorario hasta llegar al ápice. En el movimiento de salida de la lima, se frotó ésta contra las paredes del conducto haciendo un limado circunferencial, hasta preparar toda su superficie, repitiendo este paso las veces necesarias hasta que entraron pasivamente.

3.- Se retiró el instrumento del conducto y se limpió.

4- Se irrigó el conducto mediante CIONa.

5.- Mediante el uso de una lima manual C+® del tamaño 10, se permeabilizó de nuevo el conducto entre cada lima usada.

6.- Posteriormente se conformó el ápice con la lima apical maestra KF del tamaño 25 (calibre apical usado en todos los grupos de estudio), realizando el mismo movimiento descrito anteriormente.

7.- Finalmente se utilizaron los tamaños de limas KF 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70 y 80 restándole con cada cambio de lima 0,5 mm a la longitud de trabajo marcado hasta la lima nº 60 y 1 mm a partir de esta, mediante el tope de silicona y realizando de nuevo el mismo movimiento de limado.

8.- Entre cada cambio de lima se recapituló mediante la introducción de la lima apical maestra hasta la longitud de trabajo, lo que permitió mantener la permeabilidad apical.

9.- Finalmente se procedió a la retirada del instrumento del conducto radicular.

La lima manual se removió y limpió, y se irrigó el conducto cuando se encontró resistencia apical o escalón apical, repitiendo estos pasos hasta que se alcanzó la longitud de trabajo.

Se comprobaron las condiciones de cada lima después del tratamiento de cada conducto y se retiraron todos los instrumentos que mostraron signos de estiramiento o desgaste o fatiga prematura.

El protocolo de irrigación y los procedimientos realizados tras la conformación fueron los mismos que los descritos en el punto A.3.

D.4.4.- Selección.

La conformación del conducto se llevó a cabo mediante las limas KF de los tamaños 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70 y 80. La lima apical maestra seleccionada para conformar el ápice fue del número 25, con un tamaño ISO en la punta de 25 y una conicidad de 0,02 mm (Figura 40).

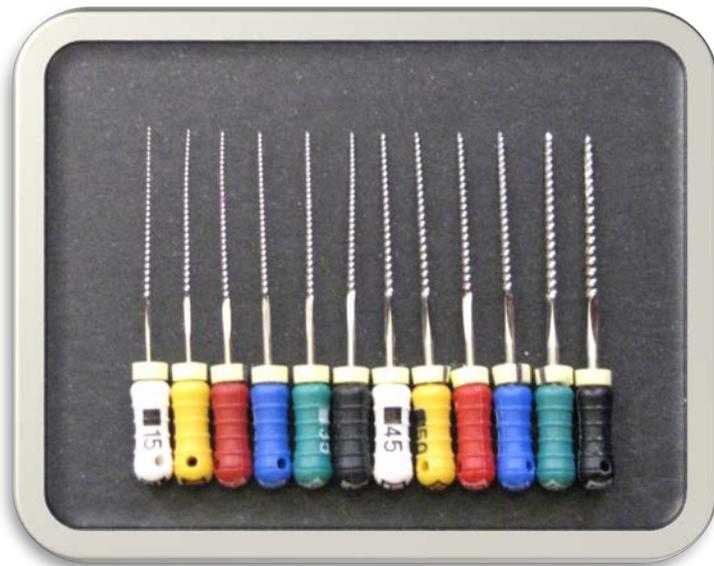


Figura 40. Limas K-Flexofile utilizadas.

2.2.2.6.- Obturación de los conductos radiculares.

A.- Materiales.

En las fases de conformación y obturación se utilizó un conjunto de materiales para todas las diferentes técnicas realizadas.

Antes de realizar la obturación se procedió al secado de los conductos radiculares mediante puntas de papel de conicidad estandarizada. En el sistema RE se usaron puntas de papel Reciproc® R25 -VDW GmbH, Munich, Alemania- (Figura 41) en el sistema WO se utilizaron puntas de papel WaveOne® Primary -Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza- (Figura 42), en el sistema OS se realizó mediante puntas de papel One Shape® 25 -Micro-Mega, Besanzón, Francia- (Figura 43) y por último en el sistema KF se usaron puntas de papel ISO del tamaño 25 -Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza- (Figura 44).



Figura 41. Puntas de papel Reciproc tamaño R25.



Figura 42. Puntas de papel WaveOne tamaño primary.



Figura 43. Puntas de papel One Shape tamaño 25.



Figura 44. Puntas de papel ISO tamaño 25.

El cemento de obturación endodóncica fue AH Plus (Dentsply-DeTrey GmbH, Konstanz, Alemania), basado en resinas epóxicas. Se presenta en forma de dos tubos con consistencia de pasta (Figura 45).



Figura 45. Cemento endodóncico.

2.- METODOLOGÍA: PROCEDIMIENTO

En la mezcla se añadió a partes iguales un compuesto orgánico heterocíclico fluorescente que actuó como colorante, la Rodamina B al 0,1% en solución acuosa - $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$ - (Figura 46) para poder visualizarlo posteriormente en el microscopio confocal láser (Kok *et al.* 2012). La mezcla se hizo con espátula de cemento -Carl Martin GmbH, Solingen, Alemania- (Figura 47) y se aplicó una fina capa de sellador distribuido uniformemente por las paredes del conducto, con una punta de papel (Abarca *et al.* 2001; Endal *et al.* 2011; Mahera *et al.* 2009) de conicidad normalizada para cada sistema de limas utilizado.



Figura 46. Rodamina al 0,1%.



Figura 47. Espátula de cemento

La gutapercha apical maestra empleada fueron puntas de gutapercha ISO del tamaño 25 y conicidad 0,02 -Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza- (Figura 48) y las puntas de gutapercha accesorias ISO usadas fueron del tamaño 20 y 15, ambas con conicidad del 0,02 -Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza- (Figuras 49 y 50).



Figura 48. Gutapercha apical maestra tamaño 25.



Figura 49. Gutapercha accesoria tamaño 20.



Figura 50. Gutapercha accesoria tamaño 15.

Se utilizó un espaciador digital rojo del tamaño 25 y amarillo del tamaño 20 con tope de silicona -Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza- (Figuras 51 y 52).

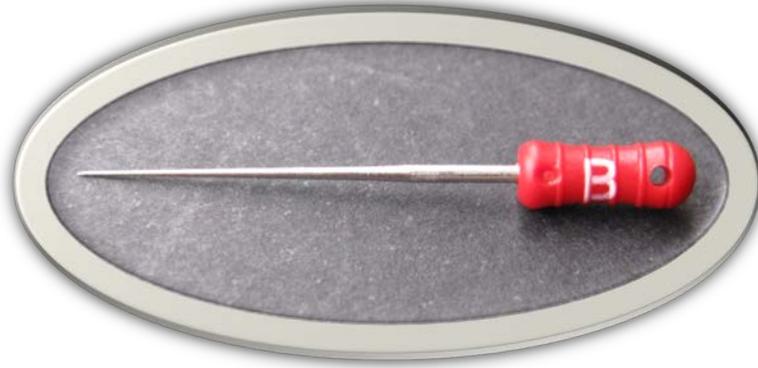


Figura 51. Espaciador digital tamaño 25.

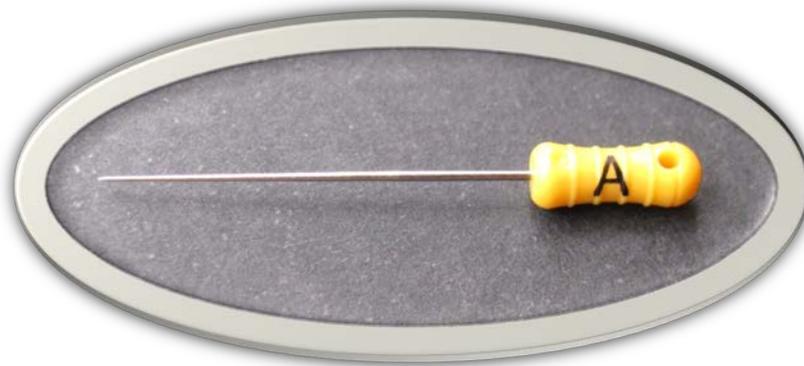


Figura 52. Espaciador digital tamaño 20.

Para obturar con gutapercha inyectada se utilizó el sistema BeeFill 2 in 1[®] (VDW[®] GmbH, Munich, Alemania), que es un dispositivo de inyección de gutapercha termoplastificada de alta temperatura (200^o) y una fuente de calor para realizar la condensación vertical. Consta de una unidad eléctrica en la que se puede seleccionar de forma independiente tanto la temperatura, como la velocidad de flujo de la gutapercha. La gutapercha viene introducida en un cartucho con su

cánula dispensadora, que dispone de dos tamaños en función del diámetro de la cánula, usando el 23G (0,6 mm) en este trabajo (Figura 53).



Figura 53. Sistema BeeFill 2 in 1.

La masa de gutapercha a nivel coronal se condensó verticalmente mediante el condensador Machtou nº 3-4 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) durante 30 segundos -Mahera *et al.* 2009- (Figura 54).



Figura 54. Condensador Machtou 3-4.

B.- Técnica de obturación.

La técnica de obturación utilizada fue la condensación lateral modificada con gutapercha inyectada (CLMI). Ésta técnica es una combinación entre la condensación lateral estándar y la técnica de condensación de la “onda continua”, ésta última descrita por Buchanan (1994).

Para confirmar a nivel apical el tamaño correcto de la gutapercha apical maestra ISO del número 25, se realizó el calibrado del foramen apical con una lima K Flexofile® del número 25. Los especímenes que excedieron el diámetro del foramen apical fueron reemplazados por otros válidos (Marciano *et al.* 2011).

Posteriormente se realizó la calibración de la punta de gutapercha apical maestra ISO al conducto mediante una regla de calibrar (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), cortando el sobrante de gutapercha, debido a la posible calibración defectuosa proveniente de la fábrica (Figura 55).

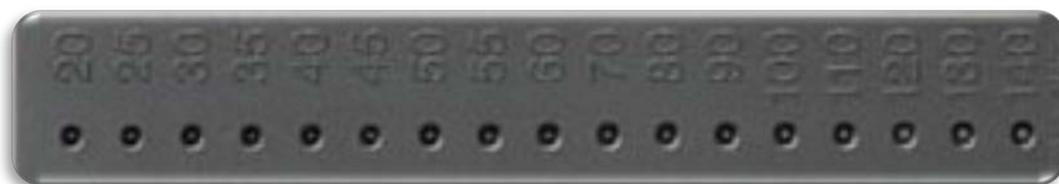


Figura 55. Regla de calibrar gutapercha.

El procedimiento realizado fue el siguiente:

1.- Se procedió a introducir la punta de gutapercha apical maestra ISO del tamaño 25/0,02 (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suiza) seleccionada para todos los conductos, y se comprobó la adaptación mediante la prueba táctil, hasta notar que se retenía ligeramente en el ápice. La siguiente prueba fue visual, introduciendo el cono de gutapercha maestro medido a la longitud de trabajo y comprobación posterior en los puntos de referencia de la raíz. La última prueba

se basó en observar el grado de adaptación y proximidad al ápice con una radiografía intraoral. Una vez realizadas estas pruebas se introdujo de nuevo la gutapercha apical maestra recubierta por una capa de cemento endodóncico, realizando un movimiento de entrada y salida dos veces, para comprobar el total recubrimiento de la superficie del cono de gutapercha con cemento y de las paredes del conducto radicular. Al introducirlo finalmente a la longitud de trabajo éste se rotó 180°, también para asegurar un completo humedecimiento del cono y de las paredes (Brackett *et al.* 2006).

2.- A continuación se introdujo el espaciador digital rojo del tamaño 25 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) con el tope de silicona situado a 1 mm menos de la longitud de trabajo.

3.- En el espacio creado se introdujo la primera punta de gutapercha accesoria ISO del tamaño 20/0,02 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) con su punta impregnada de cemento endodóncico. Se procedió a comprobar radiográficamente el posicionamiento de la obturación para seguir con el procedimiento.

4.- El sobrante de gutapercha a nivel cervical fue cortado con la unidad de calor del sistema BeeFill 2 in 1[®] para aumentar la visibilidad del conducto.

5.- Se introdujo de nuevo el espaciador digital rojo del tamaño 25, que creó un espacio en el interior de la masa de gutapercha.

6.- En este orificio creado, se introdujo la cánula dispensadora de la unidad inyectora de gutapercha termoplástica del sistema BeeFill 2 in 1[®] a 3-4 mm de la longitud de trabajo, medido mediante un tope de silicona. Se inyectó la gutapercha hasta que se sintió la presión de retroceso o se verificó la salida de gutapercha por la embocadura del conducto.

7.- Se insertó el espaciador digital amarillo del tamaño 20 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) lentamente en la masa de gutapercha plástica y se esperó 5 - 6 segundos para compensar la contracción por el enfriamiento.

8.- Tras retirar el espaciador se introdujo la segunda punta de gutapercha accesoria ISO del tamaño 15/0,02 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) con su

punta impregnada con cemento endodóncico. Ésta fue de un tamaño inferior al del espaciador, para facilitar su penetración a través de la gutapercha termoplástica.

9.- Se repitieron los pasos 7 y 8 las veces necesarias hasta que el espaciador no pudo penetrar más de 3 mm en la masa de gutapercha. Dependiendo del calibre del conducto, con el uso de 2 ó 3 puntas de gutapercha accesorias fueron suficientes para terminar la obturación. Cuando se introdujo cada una de las puntas de gutapercha accesorias, se cortó el sobrante coronal con la unidad de calor BeeFill 2 in 1[®].

10.- Finalmente se condensó la gutapercha a nivel coronal mediante el condensador Machtou n° 3-4.

Se realizaron radiografías en dirección vestibulo-lingual y mesio-distal, para confirmar la obturación completa de los conductos radiculares (Kuga *et al.* 2010; Dadresanfar *et al.* 2010), a una distancia constante para todas las muestras mediante una cabina plomada, con un aparato de rayos intraoral en posición fija (Figuras 56, 57 y 58).

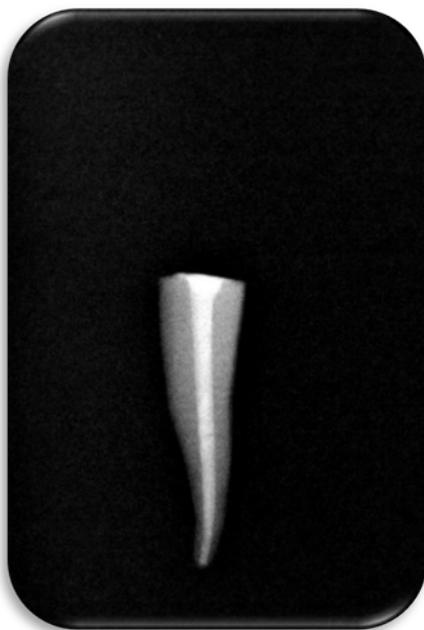


Figura 56. Radiografía vestibular muestra A8.

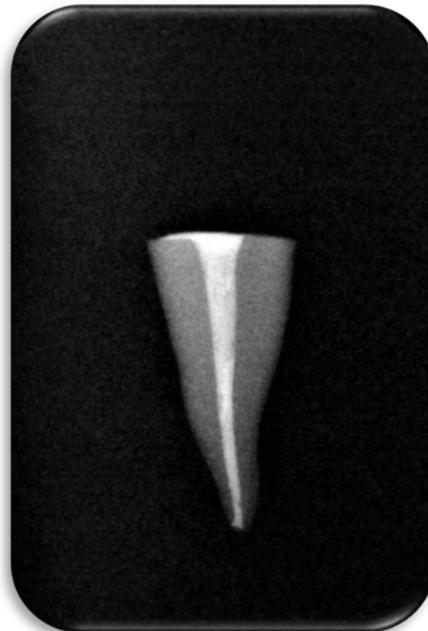


Figura 57. Radiografía proximal muestra A8.



Figura 58. Cabina plomada con aparato de rayos introral.

La documentación radiográfica se realizó para asegurarse de la calidad de las obturaciones radiculares (Yilmaz *et al.* 2009).

C.- Preparación postobtención.

Tras la obturación de los conductos radiculares, sus orificios de entrada se sellaron con el material restaurador temporal Cavit[®] -3M ESPE, St. Paul, MN, Estados Unidos- (Figura 59 y 60) (Sahni *et al.* 2008). Posteriormente los especímenes se dejaron fraguar a una temperatura de 37° C y 100% de humedad durante siete días, para asegurar la completa polimerización del cemento de resinas epóxicas (Anantula y Ganta, 2011; Tasdemir *et al.* 2009a).



Figura 59. Restaurador temporal Cavit.



Figura 60. Muestra obturada gutapercha y Cavit.

2.2.2.7.- Obtención de las secciones: inclusión y corte.

A.- Inclusión en resina de metacrilato.

Se usó un molde cilíndrico para incluir las raíces en resina de metacrilato transparente (Schäfer *et al.* 2013; Bürklein *et al.* 2013b) Orthoplast -Vertex-Dental B.V., Zeist, Países Bajos- (figura 61 y 62). Para evitar el hundimiento de las muestras con la resina líquida, se colocó un alambre adherido a la porción coronal de las raíces, perpendicular a su eje axial. Para realizar la posterior manipulación de las muestras se numeró aleatoriamente cada grupo y se almacenaron durante 48 horas en una habitación con temperatura estable hasta su total curado.



Figure 61. Resina de metacrilato transparente.

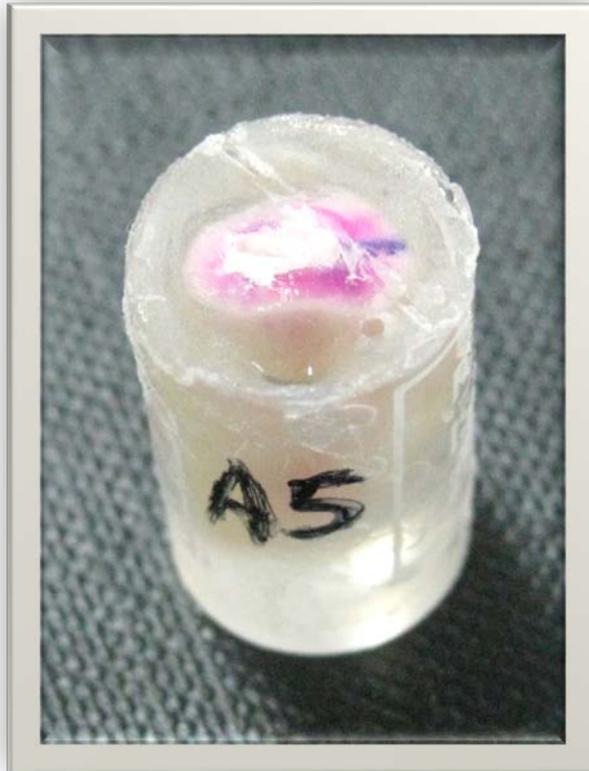


Figura 62. Muestra A5 incluida en resina.

B.- Obtención de las secciones.

La sección de las raíces incluidas se hizo de forma transversal con un disco de corte de diamante dentado Horico Dental (Hopf, Ringleb & Co. GmbH & Cie., Berlín, Alemania) montado en una pieza de mano y refrigerado por agua (Figura 63). Con una longitud inicial de 15 mm se realizaron tres cortes de 2 mm en cada una de las muestras. El primer corte que se inició a nivel coronal tuvo un grosor de 2 mm, iniciándose en la porción más coronal del conducto, más 1 mm perdido a consecuencia del grosor de corte del disco. El segundo corte se realizó en el tercio medio a 4 mm de la porción más coronal de la muestra intacta o a 1 mm del primer corte realizado por 1 mm perdido al realizar el corte. Por último la

tercera muestra de 2 mm se obtuvo del tercio apical a 8 mm de la parte más coronal del espécimen o a 1 mm del segundo corte realizado.



Figura 63. Disco de diamante en pieza de mano.

Los 5 mm restantes del conducto no se utilizaron para estudiar la obturación, esto fue debido a que el primer mm del ápice no presentó materiales de obturación, porque a la longitud de trabajo del conducto se le restó 1 mm. Los 3-4 mm restantes se desecharon también debido a que en esta zona, es donde se suelen presentar los deltas apicales o conductos accesorios que falsearía los resultados.

Las muestras obtenidas de 2 mm de grosor, se pulieron hasta obtener discos de 1 mm con los que se pudo observar la obturación en profundidad. El procedimiento se hizo con discos de pulido Sof-Lex (3M Espe, St. Paul, MN, Estados Unidos de América) de mayor a menor grano, hasta obtener una superficie libre de impurezas y rayas (Figura 64).

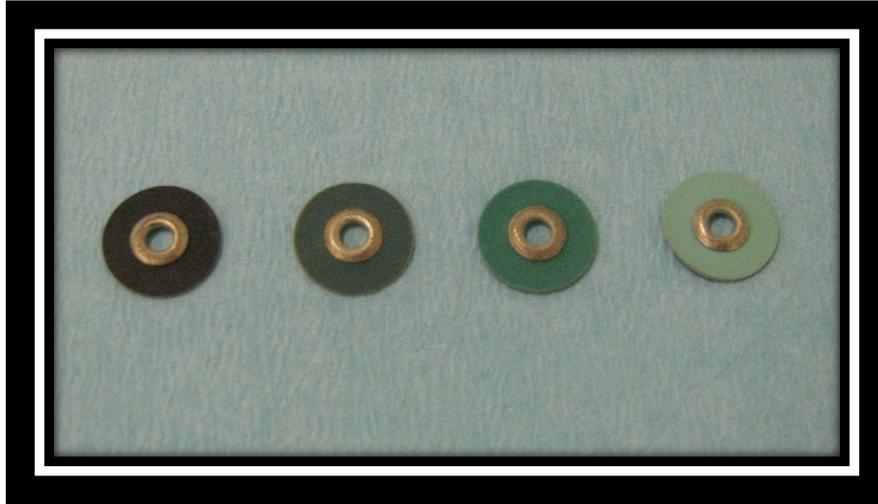


Figura 64. Discos de pulido.

2.2.2.8.- Observación microscópica.

A.- Microscopio confocal láser de barrido.

En primer lugar se realizó la observación de cada una de las muestras en los tres tercios seccionados fijados en un portaobjetos (Figura 65), usando el microscopio confocal láser de barrido Leica TCS SP2 (Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Alemania) con un objetivo de 10 aumentos, y un método de epifluorescencia con longitudes de onda de excitación de 543 nm y de emisión de 564-657 nm para la Rodamina B (Figura 66). Mediante este procedimiento se pudo observar la adaptación de los materiales de obturación alrededor del conducto y la infiltración del cemento endodónico en los túbulos dentinarios en mm (Kok *et al.* 2012).



Figura 65. Tercios de muestra B3 en portaobjetos.



Figura 66. Microscopio confocal láser de barrido.

B.- Microscopio electrónico de barrido.

Tras la observación con microscopio confocal láser, se hizo el análisis con microscopio electrónico de barrido. Éste permitió la obtención de señales de la superficie de las muestras. Para dicho análisis, los especímenes secos, se pegaron sobre los portamuestras de aluminio de unos 4 cm de diámetro, mediante una cinta adhesiva de doble cara con carbón Carbon Conductive Tape double coated -Ted Pella, Inc, Redding, CA, Estados Unidos de América- (Figura 67). Para mejorar la conductividad se pincelaron los bordes de éstas con una laca de plata Electrodag 1415 -Agar Scientific, Stansted, Reino Unido- (Figura 68) haciendo unos puentes conductores. Por último antes de introducir las muestras en el microscopio, se metalizaron mediante un recubrimiento con partículas de oro-paladio realizado con un revestidor de bombardeo iónico Polaron SC7640 Auto/Manual High Resolution Sputter Coater -Quorum Technologies Ltd, Laughton, Reino Unido- (Figura 69), durante 180 segundos. Con este último proceso se formó una capa metálica de aproximadamente 15 nm que no fue visible con magnificaciones por debajo de 100.000 aumentos (Figura 70).



Figura 67. Portamuestras de aluminio con muestras C4 y C5.



Figura 68. Laca de plata.



Figura 69. Revestidor de bombardeo iónico.



Figura 70. Muestras metalizadas D8 y D7.

El examen se realizó con el microscopio electrónico de barrido Hitachi S4100 (Hitachi High-Technologies Corporatio, Tokio, Japón) a 10kW, 10 μ A y una distancia de trabajo comprendida entre 20 y 31mm (Figura 71).



Figura 71. Microscopio electrónico de barrido.

La magnificación utilizada dependió del tamaño del conducto, estando comprendida entre 30 y 50 aumentos para la obtención de una imagen que abarcara todo el perímetro del conducto radicular y 1000 aumentos para obtener mayor detalle. Con estas magnificaciones se pudo evaluar la adaptación a las paredes del conducto en los tercios cervical, medio y apical del conducto.

Se tomó una serie estandarizada de 6 microfotografías de cada conducto radicular (2 en el tercio coronal, 2 en el tercio medio y dos en el tercio apical) a efectos comparativos (Vincenzi *et al.* 2011).

Tras realizar la metalización de las muestras, se observó y midió la adaptación de los materiales de obturación al conducto radicular, como se describe más adelante.

2.2.2.9.- Análisis de las imágenes.

El análisis se llevó a cabo por un solo investigador con el programa informático ImageJ 1.49k (Wayne Rasband, National Institutes of Health, Bethesda, MD, Estados Unidos de América) (Dietrich *at al.*, 2012; Schäfer *et al.* 2013).

A.- Criterios de medición de la adaptación.

Los criterios seguidos para evaluar la adaptación mediante la observación con microscopio confocal láser de barrido fueron: el porcentaje de adaptación del cemento sellador a las paredes del conducto radicular, y la máxima longitud de

penetración en los túbulos dentinarios del cemento sellador. Para ello, el perímetro se contorneó y midió, y las regiones de la dentina radicular se contornearon y cuantificaron, donde el cemento sellador penetró en los túbulos dentinarios (Figuras 72 a 74).

Esta medida se expresó como un porcentaje.



Figura 72. Cálculo perímetro total conducto en muestra B8 medio.



Figura 73. Cálculo penetración parcial de la Rodamina B en muestra C1 medio.



Figura 74. Máxima longitud de penetración en muestra A1 apical.

Los criterios seguidos al observar las muestras con el microscopio electrónico de barrido fue el porcentaje de adaptación de los materiales de obturación a las paredes de conducto radicular y huecos (Figuras 75 a 77).

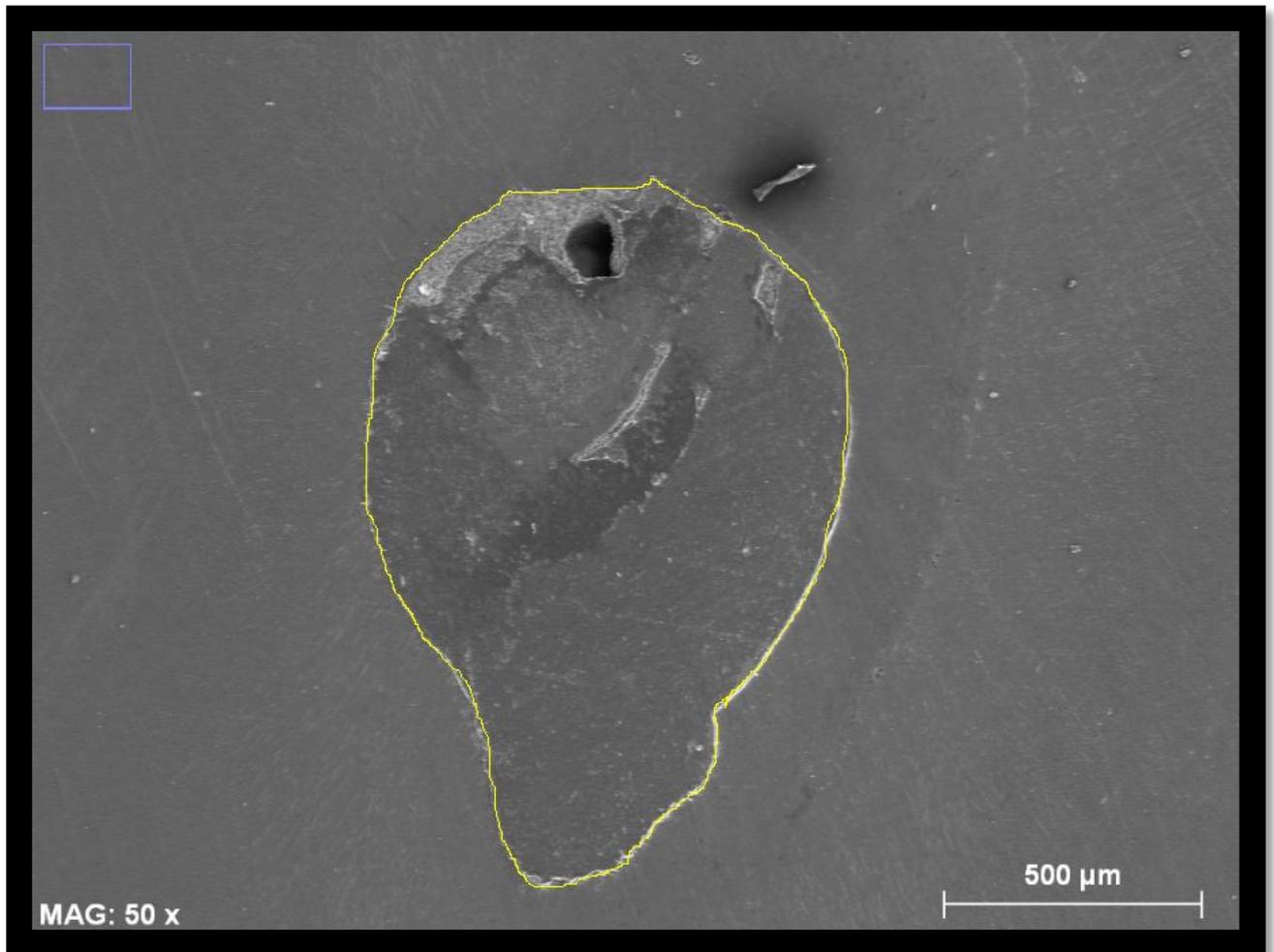


Figura 75. Cálculo del perímetro del conducto en muestra A2 coronal.

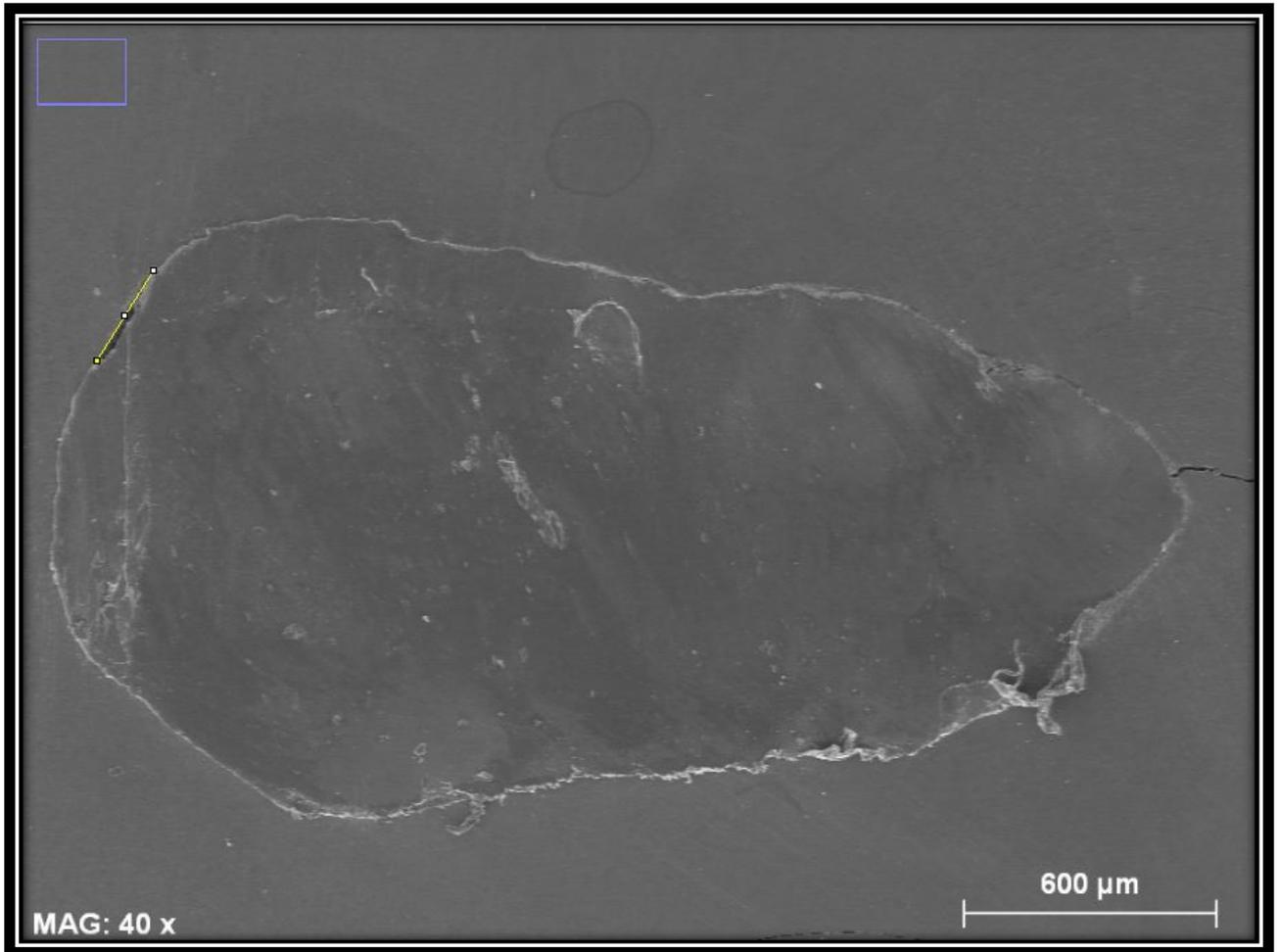


Figura 76. Medición desadaptación material de obturación en muestra D2 coronal.

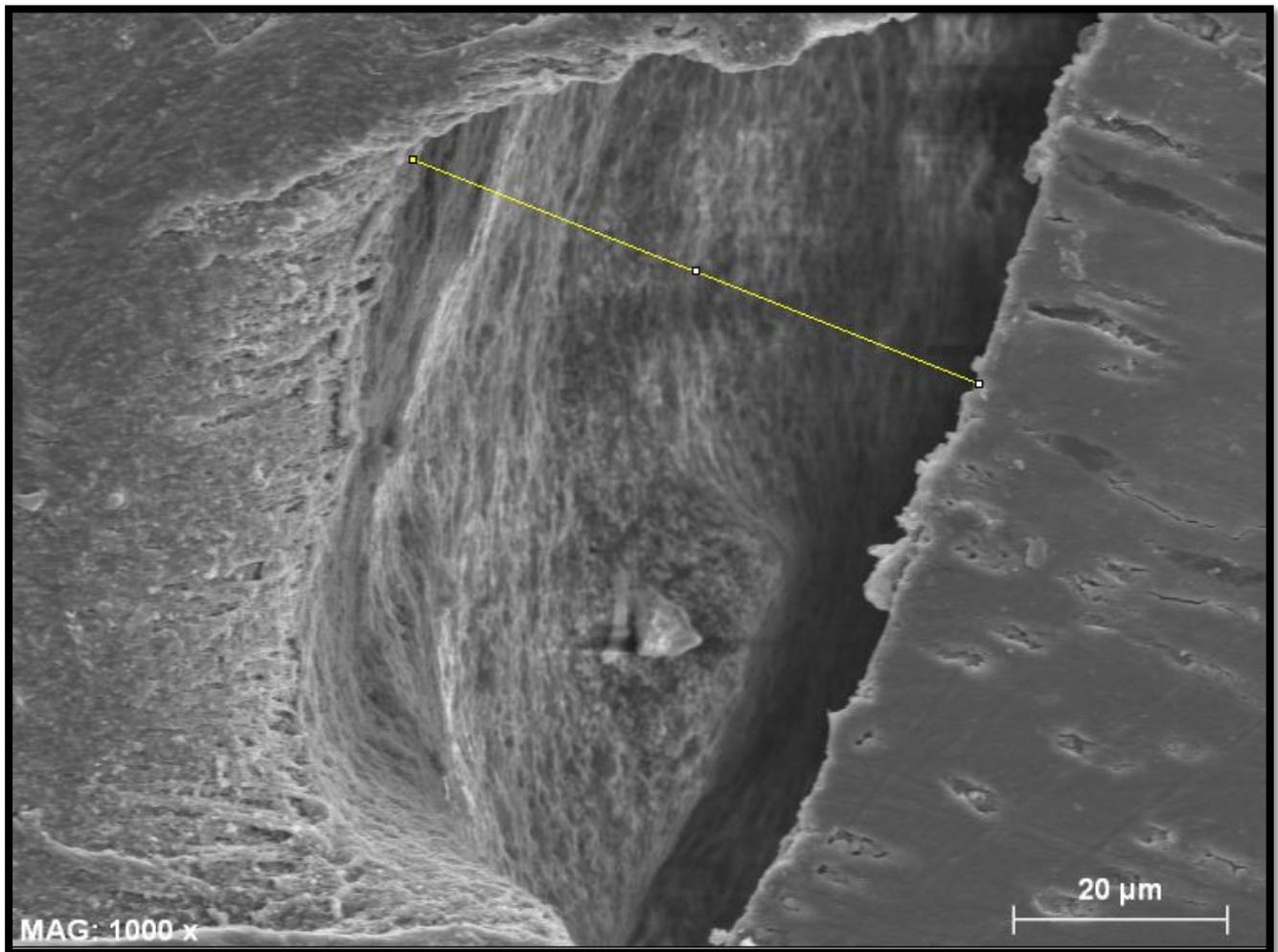


Figura 77. Medición longitud máxima desadaptación en muestra A1 medio.

B.- Fotografía.

Las imágenes obtenidas con los microscopios se almacenaron en soporte informático y fueron analizadas con el programa ImageJ 1.49k.

2.2.2.10.- Registro de los datos.

Los datos obtenidos de los especímenes se registraron en una hoja de Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, Estados Unidos de América).

2.3.- Análisis estadístico.

Se calculó el error intraobservador mediante el test Kappa de Cohen y para ello se repitieron el 10% de las observaciones.

Los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico SPSS 21.0 (Statistical Package for Social Sciences) (SPSS Inc., Chicago, IL, Estados Unidos de América).

En primer lugar se calculó la media y desviación estándar para cada una de las variables a estudio y para cada grupo y tercio. A continuación, se evaluó la distribución para las medias de cada una de las variables del estudio, mediante el test de Kolmogorv- Smirnov, dado que dichas medias no correspondían a una distribución normal, se utilizaron test no paramétricos para las comparaciones. Mediante el test de Kruskal-Wallis se compararon las variables a estudio para cada grupo dentro de cada tercio, en los casos en los que se hallaron diferencias estadísticamente significativas, se aplicó el test U de Mann-Whitney para las

comparaciones dos a dos. Las comparaciones entre los tercios, dentro de cada grupo también se efectuaron mediante el test de Kruskal-Wallis, las variables para las que se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, se compararon dos a dos mediante el test U de Mann-Whitney. En todos los casos se consideró un nivel de significación de $p < 0,05$.

3.- RESULTADOS Y DESARROLLO ARGUMENTAL

3.1.- Grupo A: conformación Reciproc y obturación con la técnica CLMI.**3.1.1.- Microscopio confocal láser de barrido.**

La Rodamina B penetró en el 100% de las muestras estudiadas.

El primer parámetro estudiado fue la adaptación del cemento sellador con Rodamina B a las paredes del conducto radicular, obteniéndose los siguientes resultados.

El intervalo de adaptación porcentualmente osciló de 25,09 a 96,92%.

Las medias de adaptación de todas las muestras fueron para el tercio apical 53,18%, medio 71,79%, coronal 65,54% y la media total fue de 63,50%.

La totalidad de los resultados se muestran a continuación (Tabla1 y Figura 78):

ESPÉCIMEN	TERCIO APICAL (%)	TERCIO MEDIO (%)	TERCIO CORONAL (%)	MEDIA (%)
A1	67,92	96,92	88,66	84,5
A2	81,87	90,51	86,94	86,44
A3	25,09	82,43	89,91	65,81
A4	37,11	73,03	73,60	61,25
A5	88,09	58,66	83,70	76,82
A6	35,23	89,08	64,40	62,90
A7	47,32	50,51	29,71	42,51
A8	64,35	46,90	41,14	50,80
A9	30,98	66,06	52,39	49,81
A10	53,81	63,76	45	54,19
MEDIA (%)	53,18	71,79	65,54	63,50

Tabla 1. Adaptación del cemento sellador.

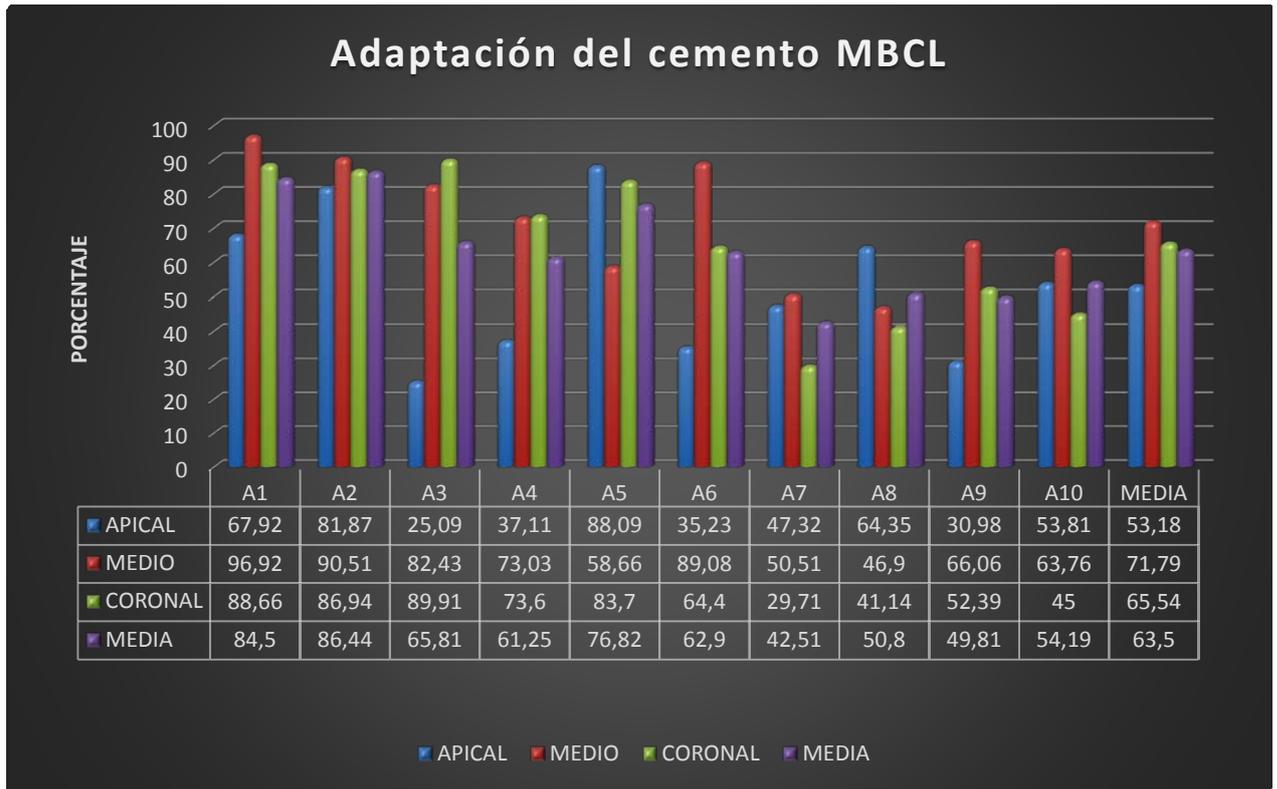


Figura 78. Adaptación del cemento sellador.

El segundo parámetro estudiado con el microscopio de barrido confocal láser fue la longitud máxima de penetración de la Rodamina en los túbulos dentinarios, con lo que se obtuvieron los siguientes resultados:

El intervalo de longitud de penetración estuvo comprendidos entre 0,038 a 2,548 milímetros.

Las medias de máxima longitud de penetración fueron para el tercio apical 0,655 mm, medio 1,211, coronal 1,459 mm y del grupo A 1,108 mm.

El conjunto de los resultados se muestran a continuación (Tabla 2 y Figura 79):

<i>ESPECIMEN</i>	TERCIO	TERCIO	TERCIO	MEDIA
	APICAL (mm)	MEDIO (mm)	CORONAL (mm)	(mm)
A1	1,051	1,122	1,477	1,217
A2	1,100	0,856	1,228	1,061
A3	0,607	0,679	0,912	0,733
A4	0,684	1,077	1,000	0,920
A5	0,724	0,894	2,005	1,208
A6	0,038	1,523	1,420	0,994
A7	1,014	1,616	1,135	1,255
A8	0,762	0,598	0,913	0,758
A9	0,420	1,801	2,548	1,590
A10	0,155	1,940	1,950	1,348
<i>MEDIA</i>	0,655	1,211	1,459	1,108

Tabla 2. Longitud máxima de penetración.

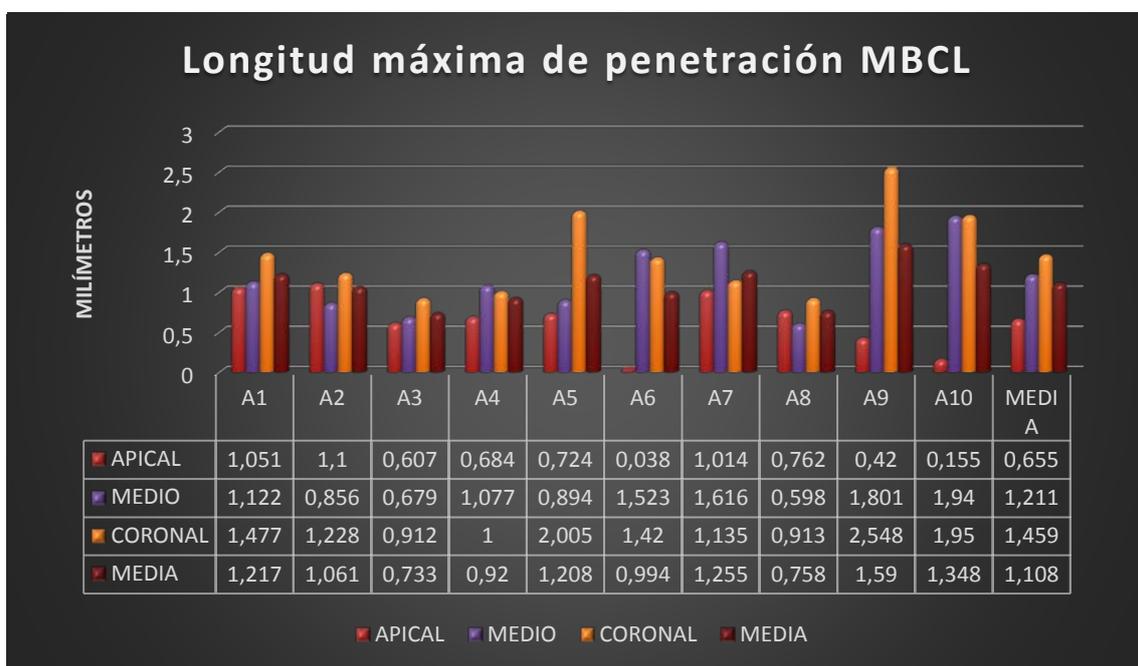


Figura 79. . Longitud máxima de penetración.

Las siguientes imágenes de muestras representan un ejemplo de cada uno de los tercios analizados (Figuras 80 a 82):



Figura 80. Tercio apical muestra A8.



Figura 81. Tercio medio muestra A1.

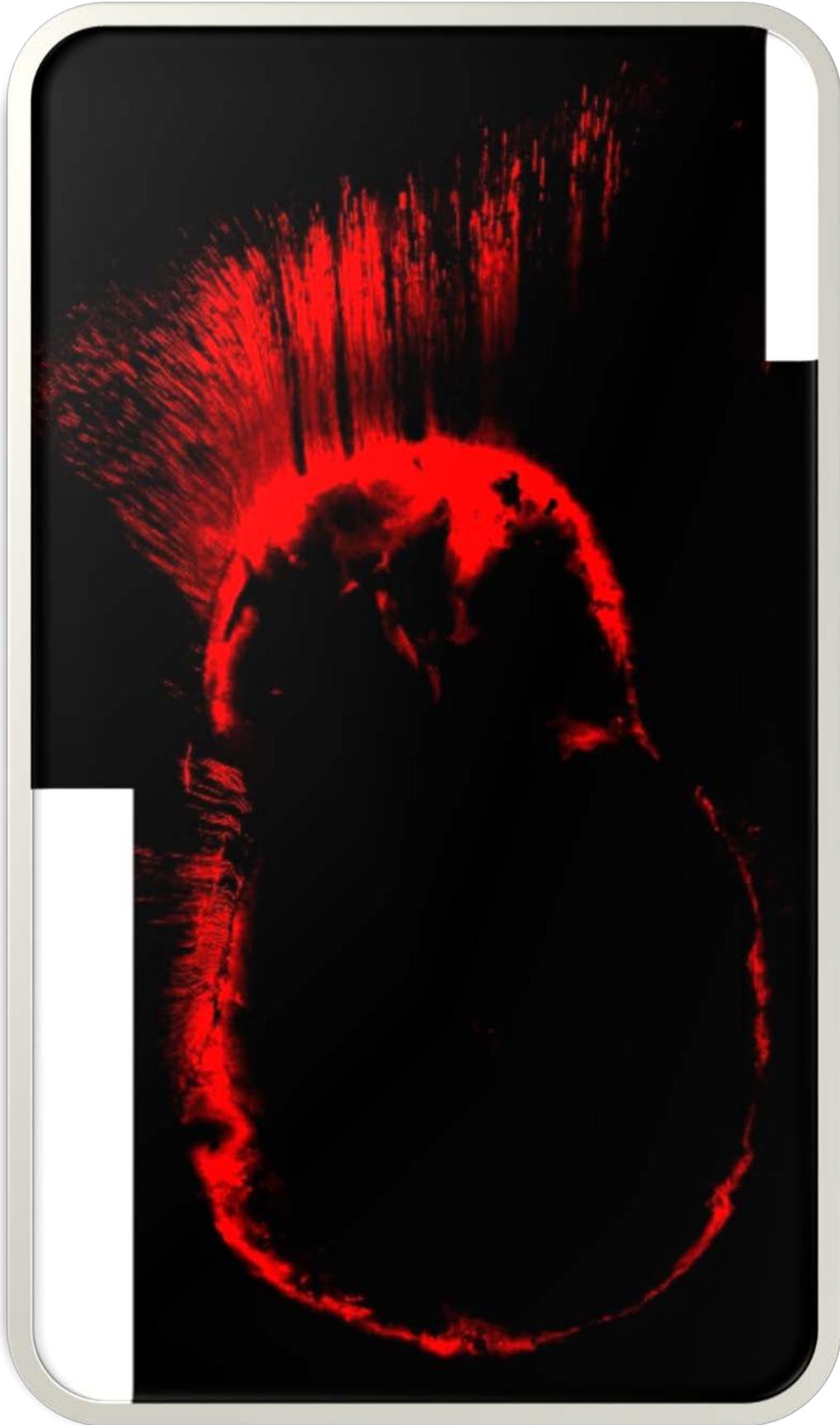


Figura 82. Tercio coronal muestra A8.

3.1.2.- Microscopio electrónico de barrido.

La desadaptación de los materiales de obturación se produjo en el 90% de las muestras y en el 96,67% de los tercios.

El primer parámetro estudiado fue la adaptación de los materiales de obturación a las paredes del conducto radicular expresado en porcentaje, con lo que se obtuvieron los siguientes datos:

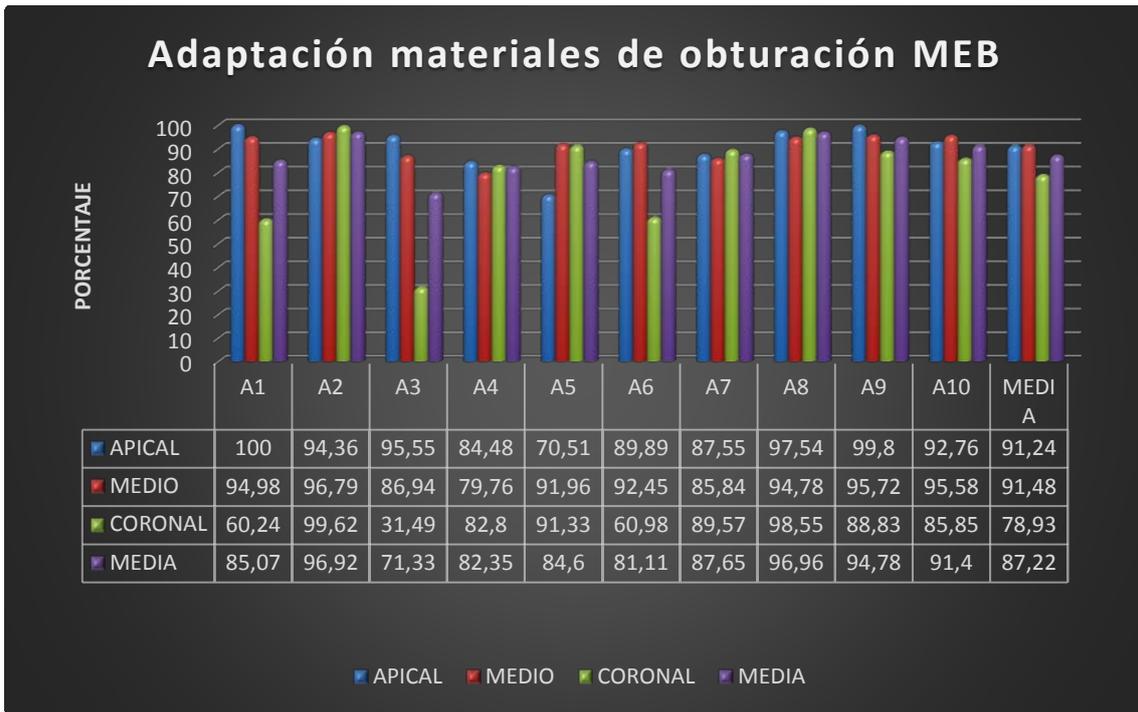
El intervalo de adaptación porcentualmente estuvo comprendido entre 31,49 y 100%.

Las medias de adaptación de todas las muestras fueron para el tercio apical 91,24%, medio 91,48%, coronal 78.93% y la media total fue de 87,22%.

La totalidad de los resultados se muestran a continuación (Tabla 3 y Figura 83).

ESPECIMEN	TERCIO APICAL (%)	TERCIO MEDIO (%)	TERCIO CORONAL (%)	MEDIA (%)
A1	100	94,98	60,24	85,07
A2	94,36	96,79	99,62	96,92
A3	95,55	86,94	31,49	71,33
A4	84,48	79,76	82,80	82,35
A5	70,51	91,96	91,33	84,60
A6	89,89	92,45	60,98	81,11
A7	87,55	85,84	89,57	87,65
A8	97,54	94,78	98,55	96,96
A9	99,80	95,72	88,83	94,78
A10	92,76	95,58	85,85	91,40
MEDIA (%)	91,24	91,48	78,93	87,22

Tabla 3. Adaptación materiales de obturación.



83. Adaptación materiales de obturación.

Las siguientes imágenes muestran ejemplos de la adaptación del perímetro de cada uno de los tercios analizados (Figuras 84 a 86):

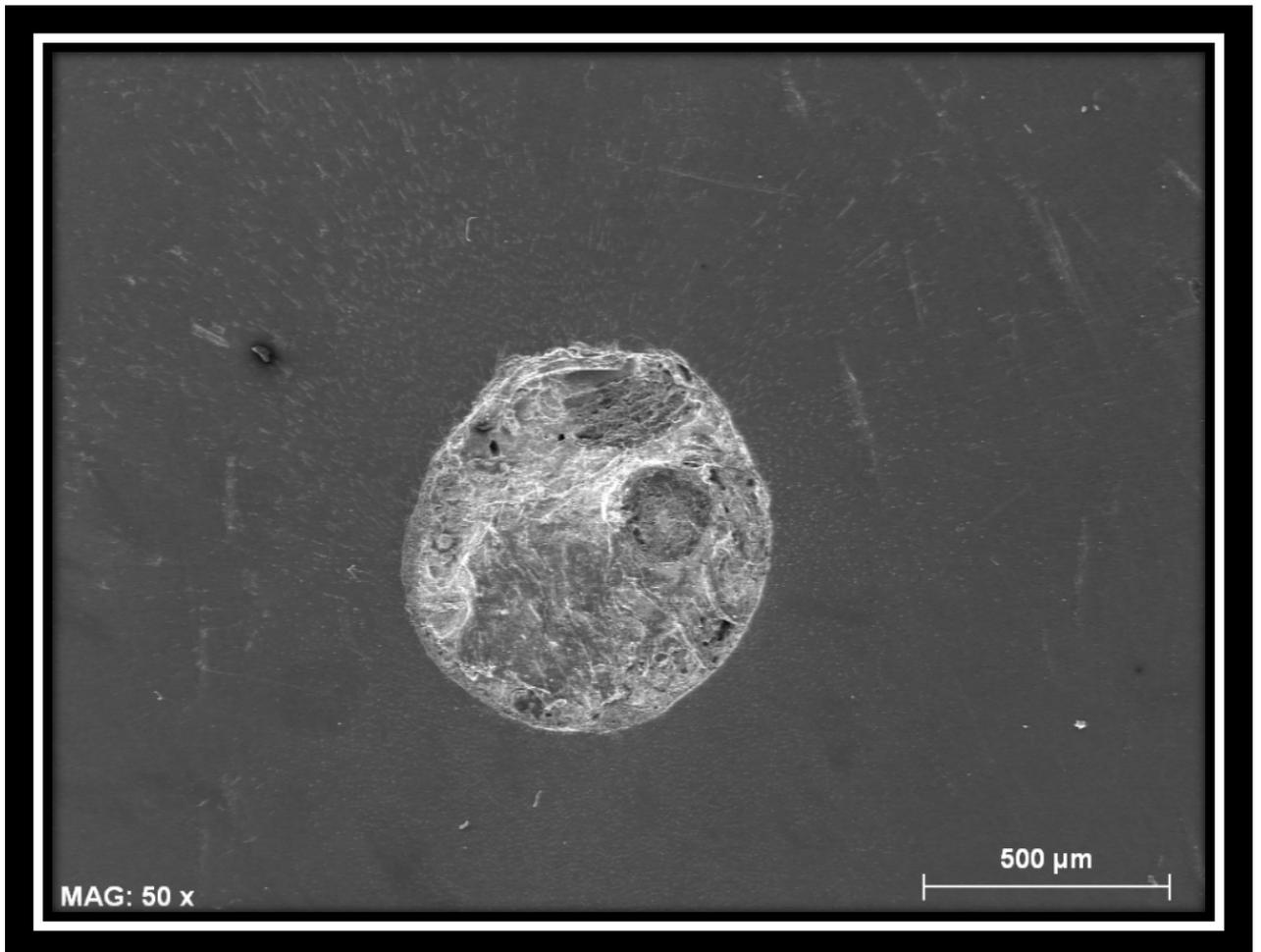


Figura 84. Tercio apical muestra A6.

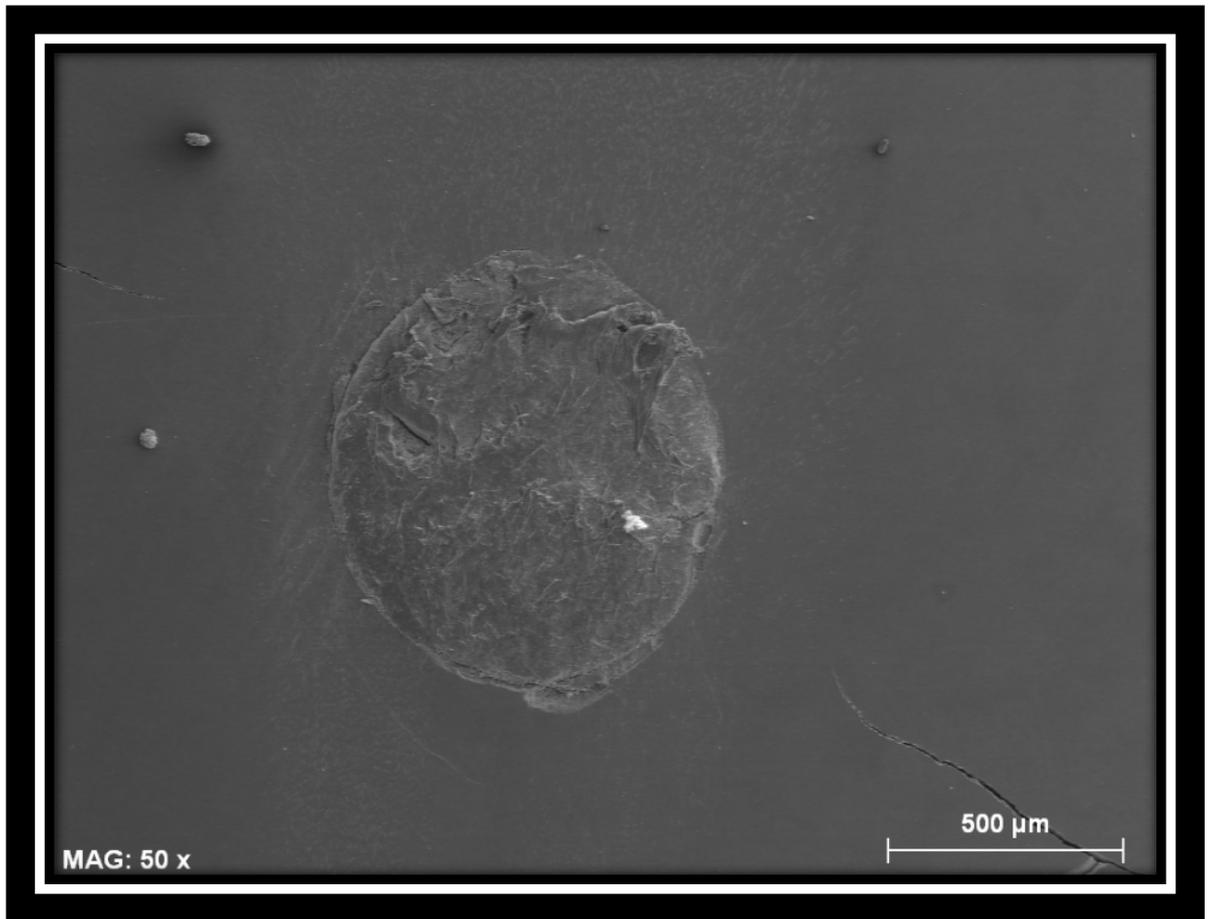


Figura 85. Tercio medio muestra A3.

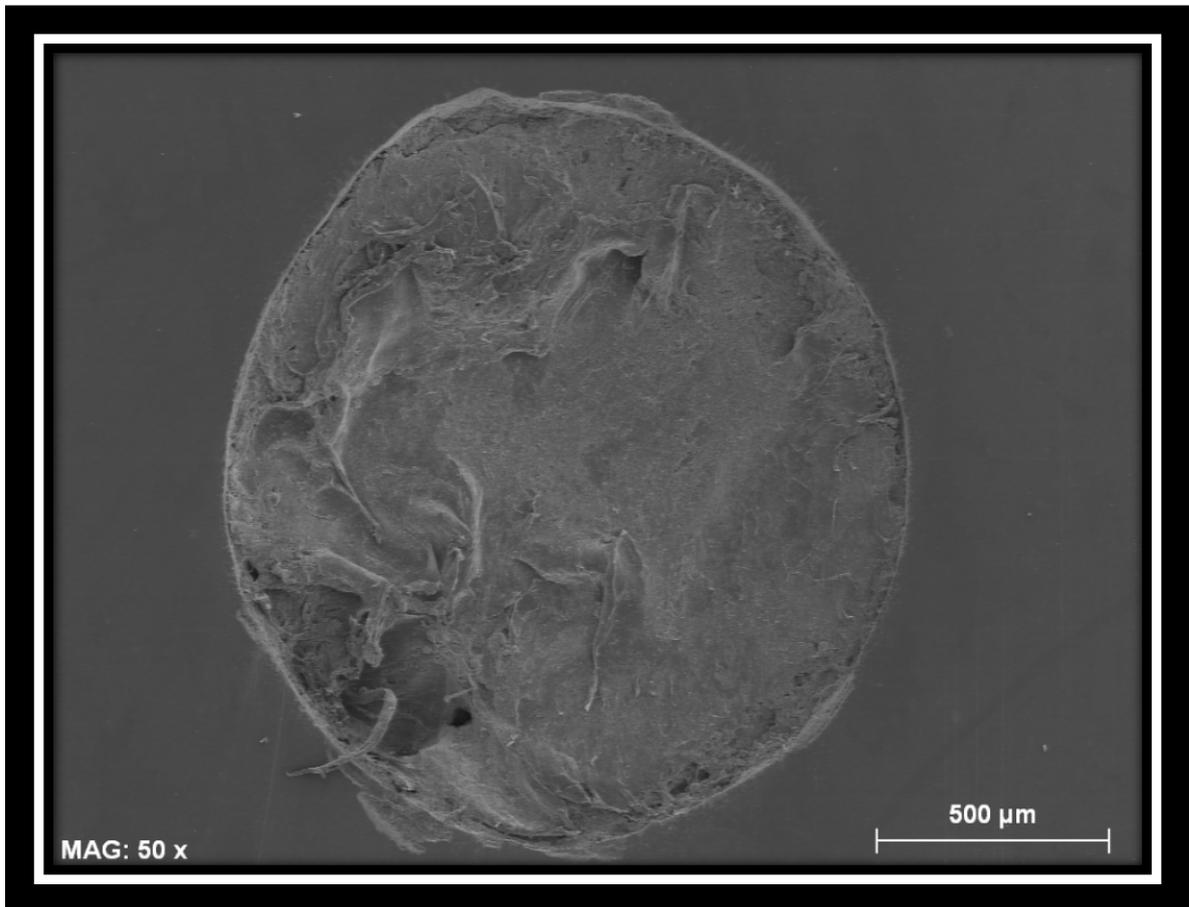


Figura 86. Tercio coronal muestra A4.

El segundo parámetro estudiado fue la longitud máxima de desadaptación en profundidad de los materiales de obturación con respecto al conducto radicular, obteniéndose los siguientes resultados:

El intervalo de longitud de desadaptación estuvo comprendido entre 0 y 0,294 milímetros.

Las medias fueron para el tercio apical 0,037 mm, medio 0,071 mm, coronal 0,114 mm y del total de las muestras del grupo A 0,074 mm.

El conjunto de los resultados se muestran a continuación (Tabla 4 y Figura 87):

ESPECIMEN	TERCIO APICAL (mm)	TERCIO MEDIO (mm)	TERCIO CORONAL (mm)	MEDIA (mm)
A1	0	0,058	0,032	0,03
A2	0,038	0,015	0,005	0,019
A3	0,077	0,030	0,088	0,065
A4	0,039	0,074	0,294	0,136
A5	0,056	0,106	0,055	0,072
A6	0,088	0,054	0,554	0,232
A7	0,010	0,182	0,049	0,080
A8	0,029	0,105	0,009	0,048
A9	0,013	0,074	0,036	0,041
A10	0,021	0,015	0,016	0,017
MEDIA	0,037	0,071	0,114	0,074

Tabla 4. Longitud máxima de desadaptación.

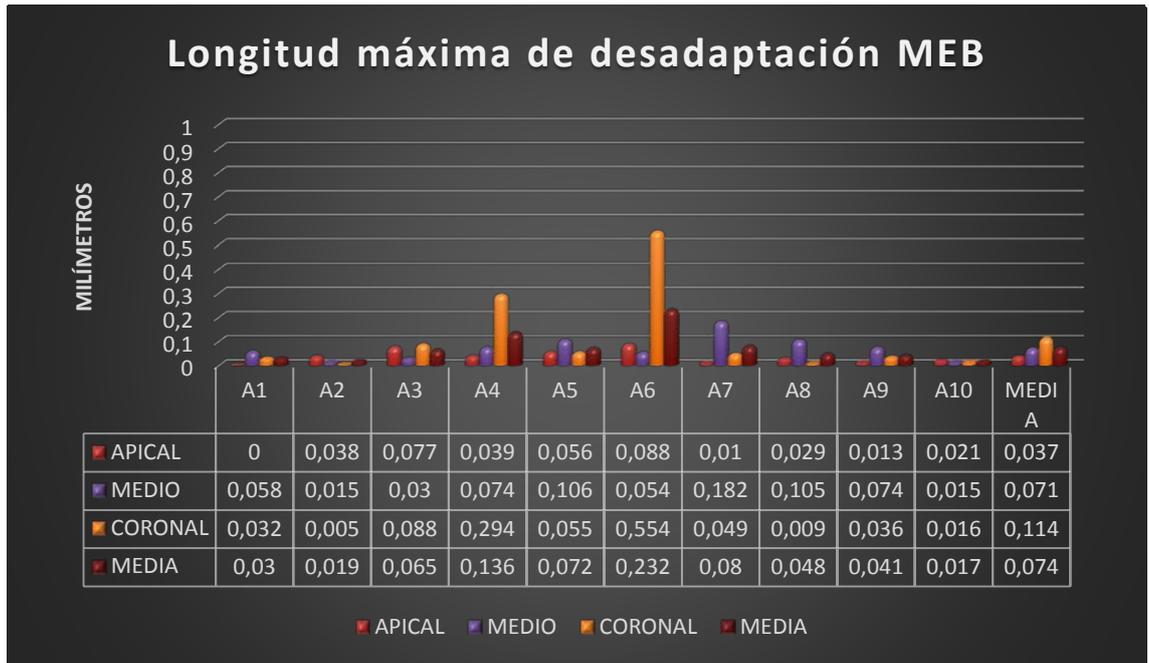


Figura 87. Longitud máxima de desadaptación.

Las siguientes imágenes muestran ejemplos de la desadaptación de los tres tercios estudiados (Figuras 88 a 90):

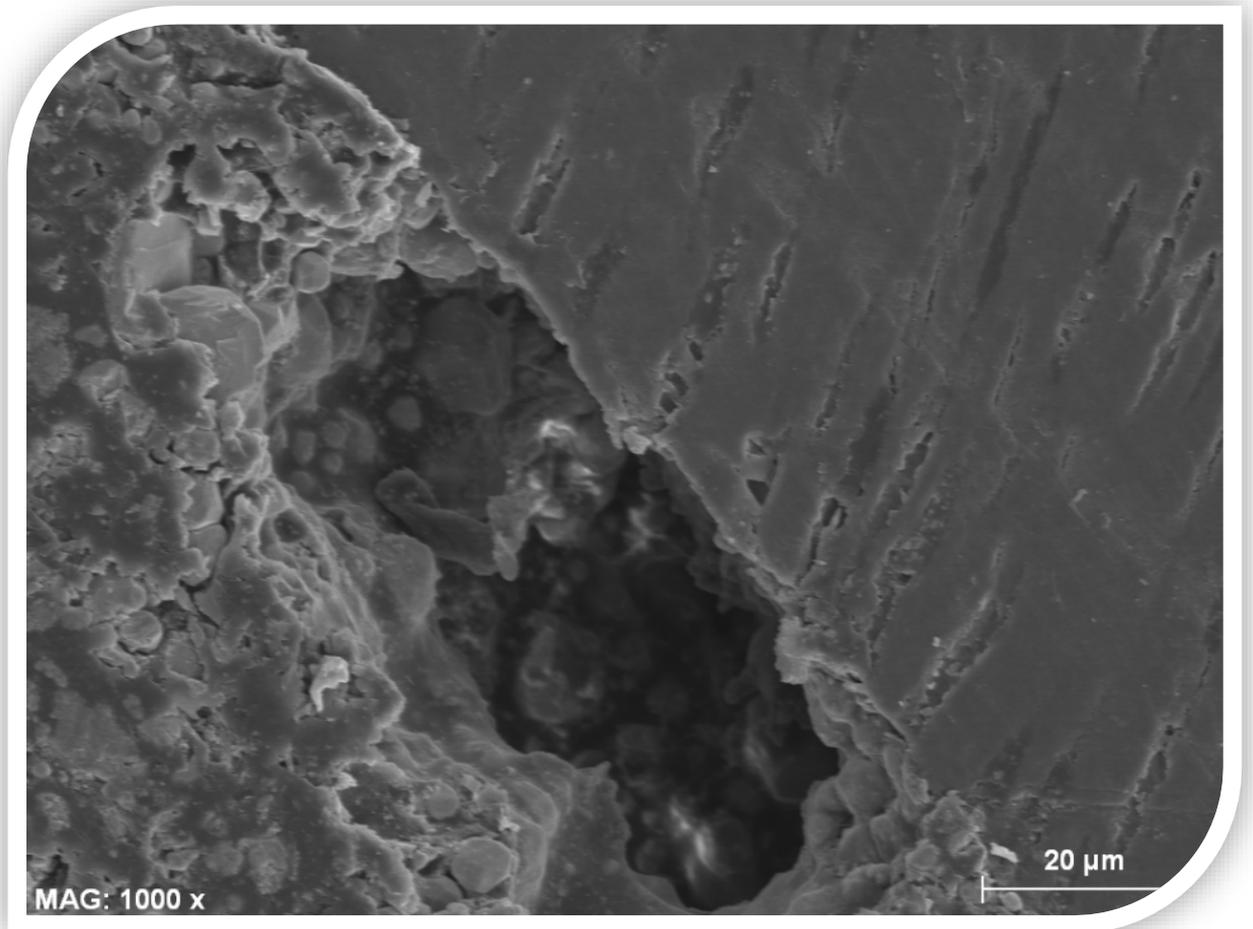


Figura 88. Tercio apical muestra A2.

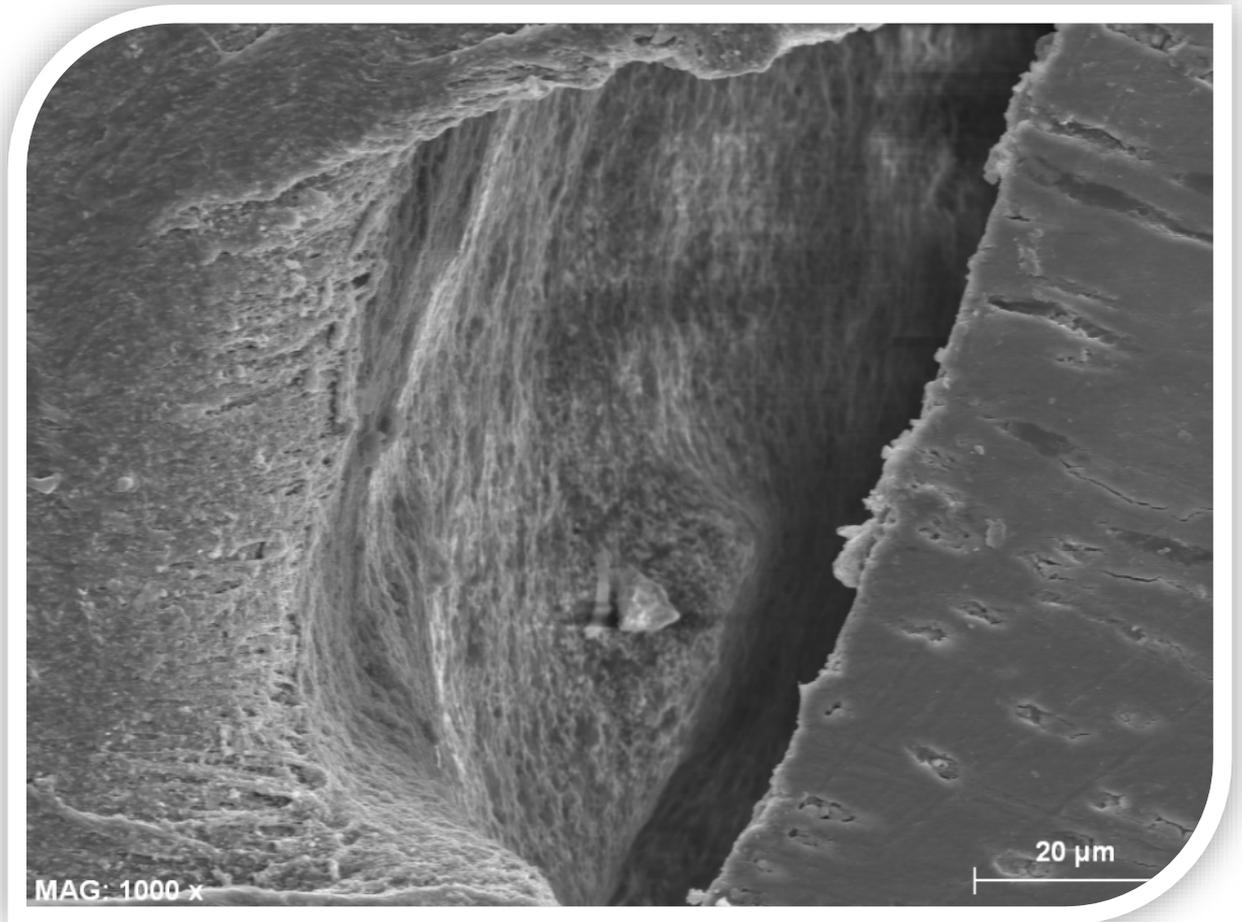


Figura 89. Tercio medio muestra A1.

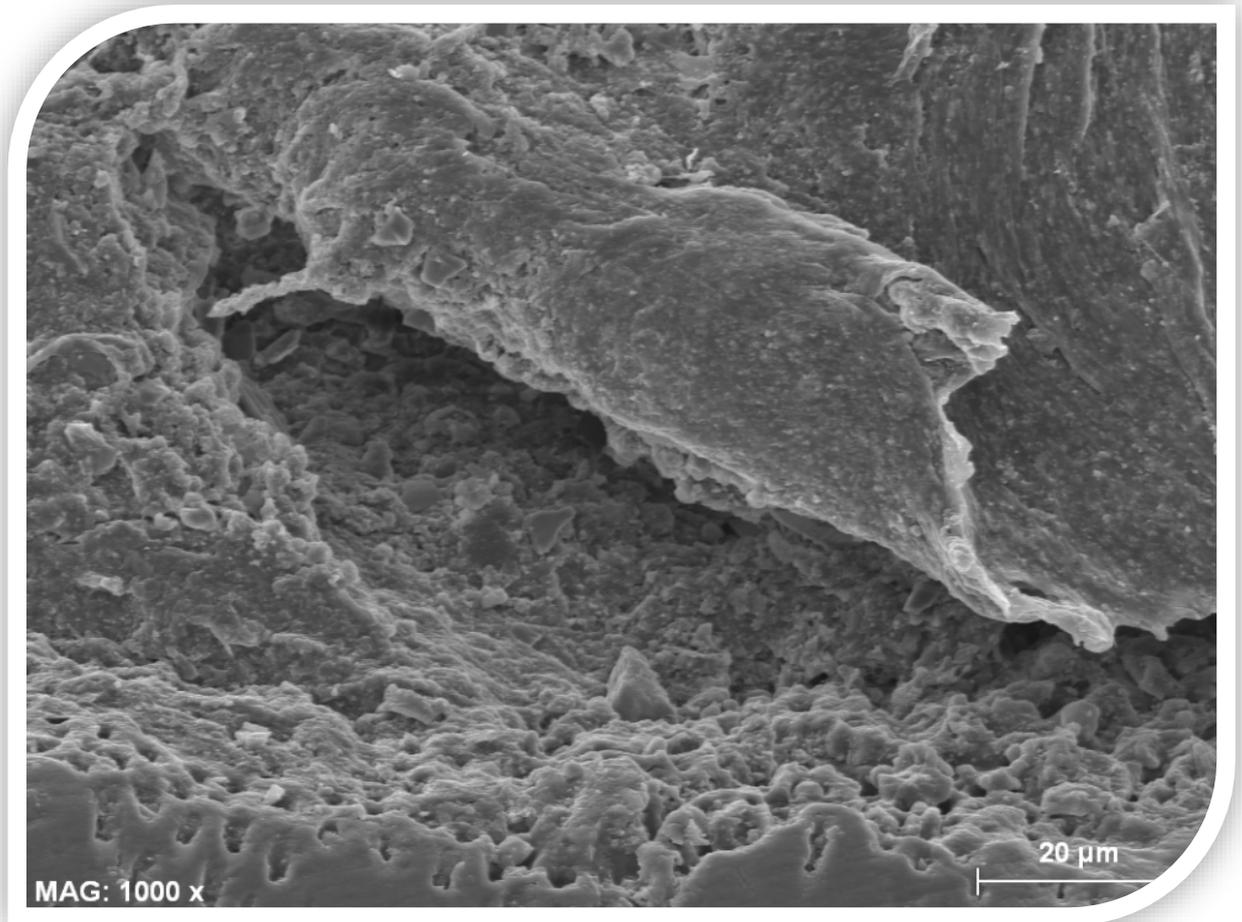


Figura 90. Tercio coronal muestra A5.

3.2.- Grupo B: conformación WaveOne y obturación con la técnica CLMI.**3.2.1.- Microscopio confocal láser de barrido.**

El cemento endodónico penetró en todas las muestras analizadas.

El primer parámetro estudiado fue la adaptación del cemento sellador con Rodamina B a las paredes del conducto radicular, obteniéndose los siguientes resultados:

El intervalo de adaptación porcentualmente osciló de 3,81 a 95,87%.

Las medias de adaptación de todas las muestras fueron para el tercio apical 32,53%, medio 69,17%, coronal 65,60% y la media total fue de 55,77%.

La totalidad de los resultados se muestran a continuación (Tabla 5 y Figura 91):

ESPECIMEN	TERCIO APICAL (%)	TERCIO MEDIO (%)	TERCIO CORONAL (%)	MEDIA (%)
B1	27,59	91,51	72,96	64,02
B2	6,06	29,71	47,38	27,72
B3	70,44	62,00	95,87	76,10
B4	33,75	87,63	35,77	52,38
B5	55,73	88,20	67,64	70,52
B6	3,81	64,35	46,75	38,30
B7	18,90	30,60	33,66	27,72
B8	23,56	89,44	82,60	65,20
B9	44,58	71,47	88,43	68,16
B10	40,92	76,82	84,96	67,57
MEDIA (%)	32,53	69,17	65,60	55,77

Tabla 5. Adaptación del cemento sellador.

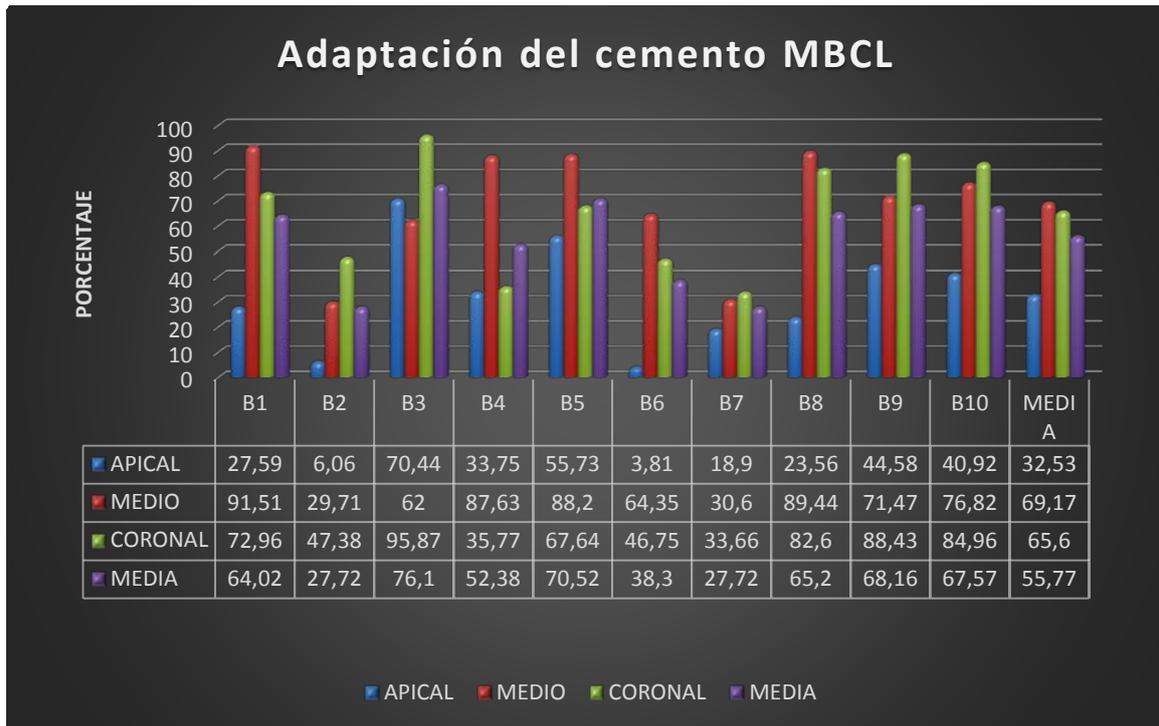


Figura 91. Adaptación del cemento sellador

El segundo parámetro estudiado fue la longitud máxima de penetración de la Rodamina en los túbulos dentinarios, con lo que se obtuvieron los siguientes resultados:

El intervalo de longitud de penetración estuvo comprendido entre 0,047 a 2,717 milímetros.

Las medias de máxima longitud de penetración fueron para el tercio apical 0,595 mm, medio 0,746, coronal 1,110 mm y de todo el grupo B 0,817 mm.

El conjunto de los resultados se muestran a continuación (Tabla 6 y Figura 92):

<i>ESPECIMEN</i>	TERCIO APICAL (mm)	TERCIO MEDIO (mm)	TERCIO CORONAL (mm)	MEDIA (mm)
B1	1,197	1,598	0,351	1,049
B2	0,193	0,173	0,968	0,445
B3	1,641	0,047	1,021	0,903
B4	0,306	1,035	1,249	0,863
B5	0,948	0,772	1,275	0,998
B6	0,371	1,147	0,850	0,789
B7	0,185	0,769	1,229	0,728
B8	0,607	0,474	2,717	1,266
B9	0,243	0,484	0,596	0,441
B10	0,256	0,958	0,848	0,687
MEDIA	0,595	0,746	1,110	0,817

Tabla 6. Longitud máxima de penetración.

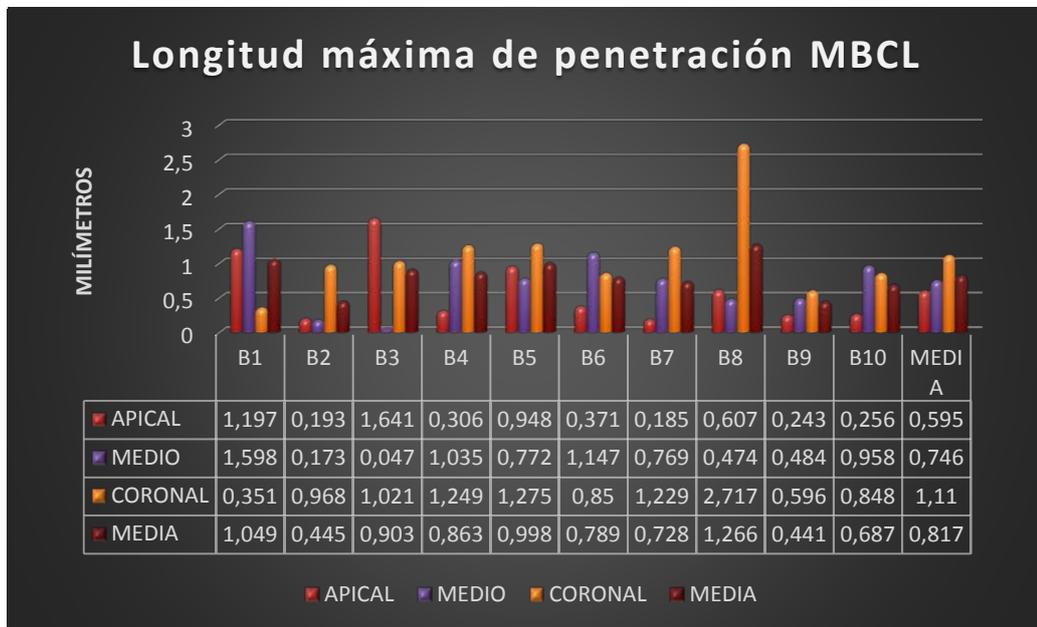


Figura 92. . Longitud máxima de penetración.

Las imágenes representadas a continuación son un ejemplo de cada uno de los tercios analizados (Figuras 93 a 95):



Figura 93. Tercio apical muestra B5.



Figura 94. Tercio medio muestra B8.

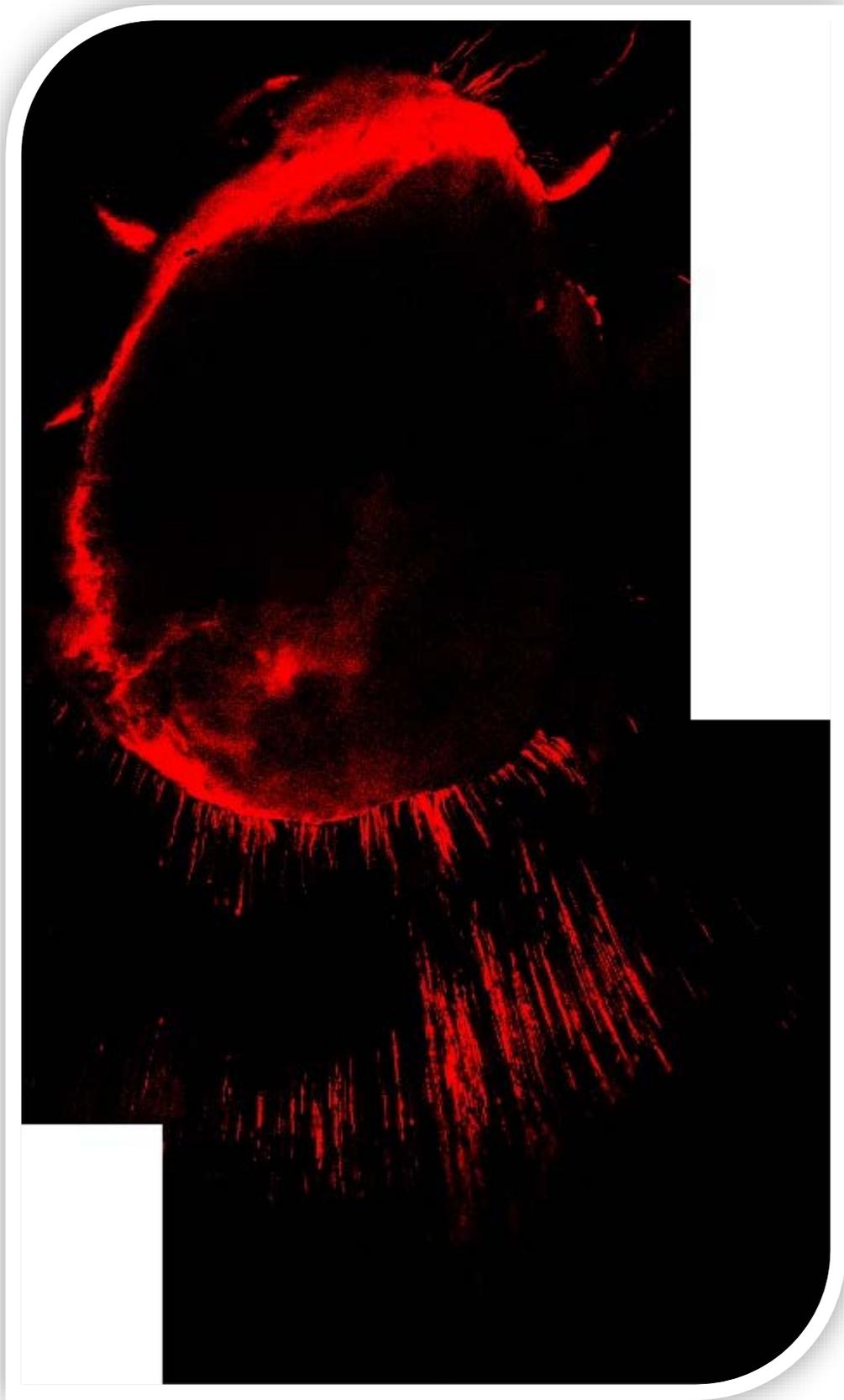


Figura 95. Tercio coronal muestra B7.

3.2.2.- Microscopio electrónico de barrido.

La desadaptación de los materiales de obturación se produjo en el 100% de las muestras.

El primer parámetro estudiado fue la adaptación de los materiales de obturación a las paredes del conducto radicular, con lo que se obtuvieron los siguientes datos:

El intervalo de adaptación porcentualmente estuvo comprendido entre 24,62 y 98,32%.

Las medias de adaptación de todas las muestras fueron para el tercio apical 90,14%, medio 59,99%, coronal 71,31% y la media total fue de 73,81%.

La totalidad de los resultados se muestran a continuación (Tabla 7 y Figura 96).

ESPECIMEN	TERCIO APICAL (%)	TERCIO MEDIO (%)	TERCIO CORONAL (%)	MEDIA (%)
B1	83,02	63,24	84,33	76,86
B2	98,15	89,86	85,17	91,06
B3	87,32	69,85	79,90	76,02
B4	96,63	39,30	73,68	69,87
B5	95,22	45,74	72,83	71,26
B6	79,53	95,83	37,51	70,96
B7	96,18	33,73	86,21	72,04
B8	88,35	44,07	79,51	70,64
B9	98,00	62,23	24,62	61,62
B10	79,01	56,00	98,32	77,78
MEDIA (%)	90,14	59,99	71,31	73,81

Tabla 7. Adaptación materiales de obturación.

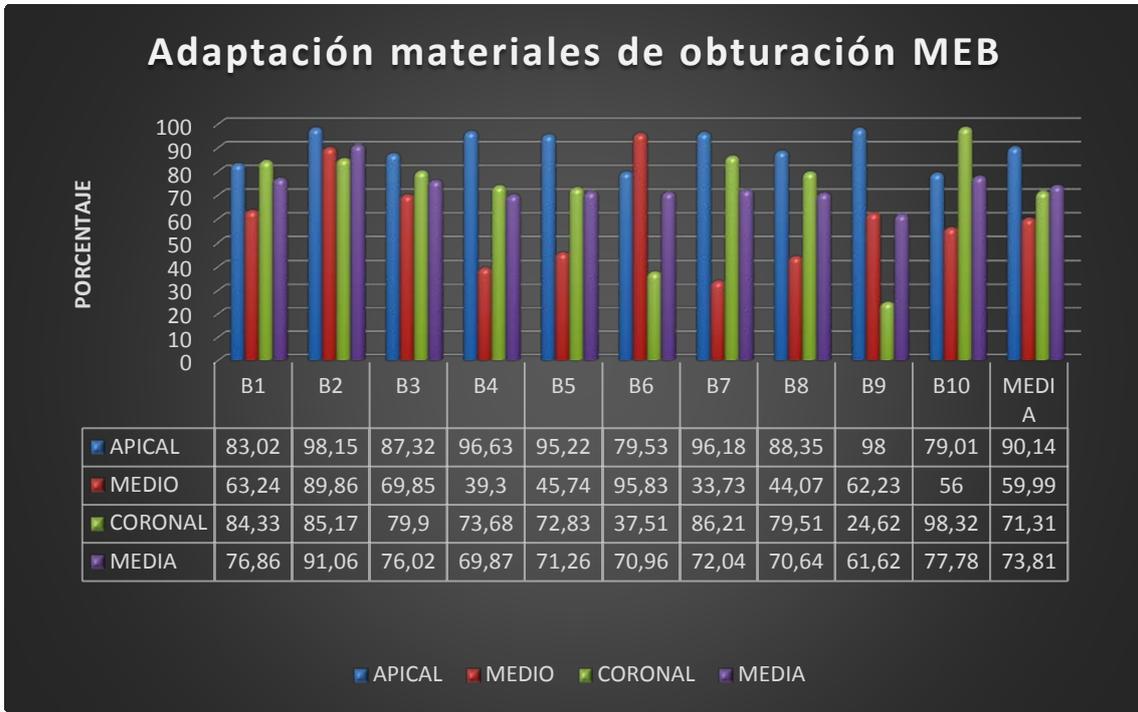


Figura 96. Adaptación materiales de obturación.

En las siguientes imágenes se muestran ejemplos de la adaptación del perímetro de cada uno de los tercios analizados (Figuras 97 a 99):

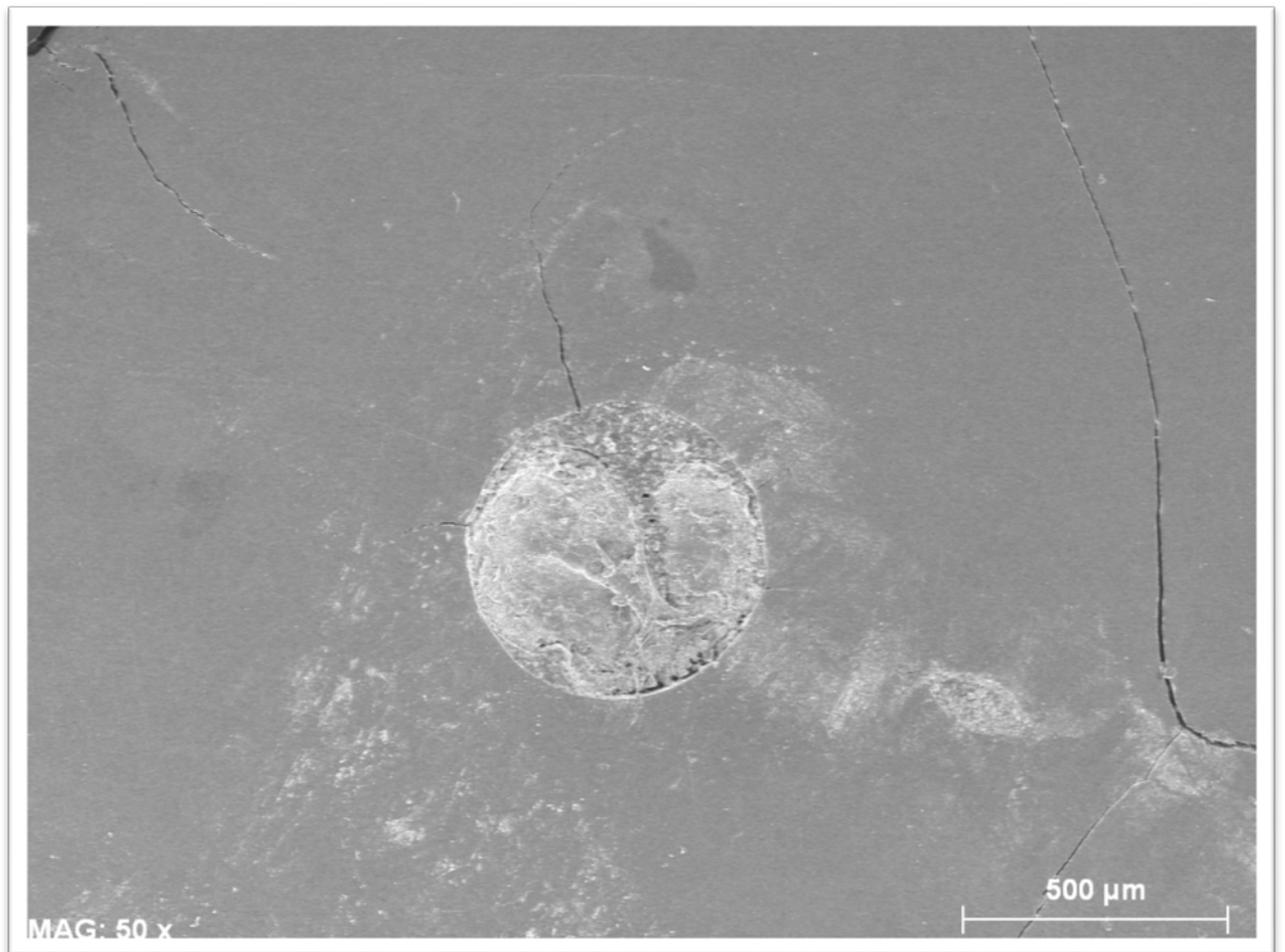


Figura 97. Tercio apical muestra B6.

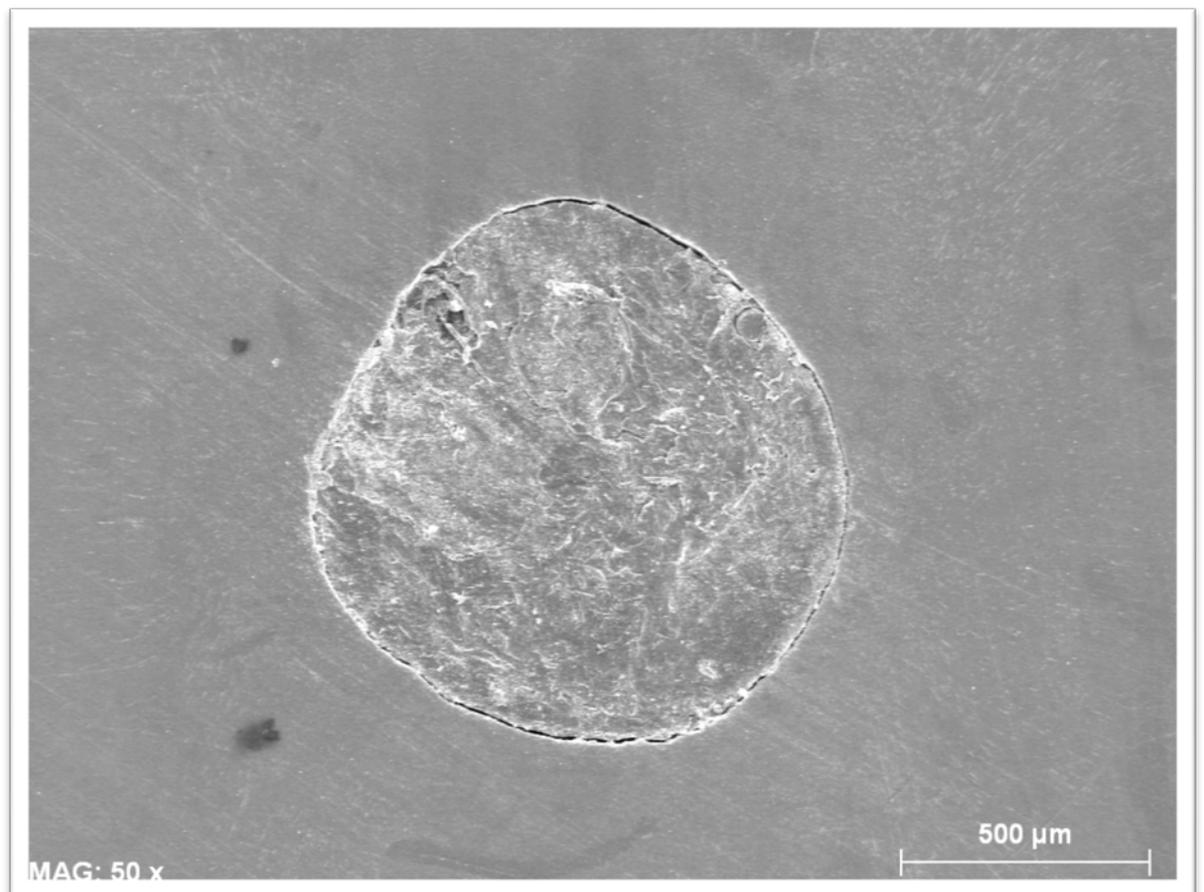


Figura 98. Tercio medio muestra B4.

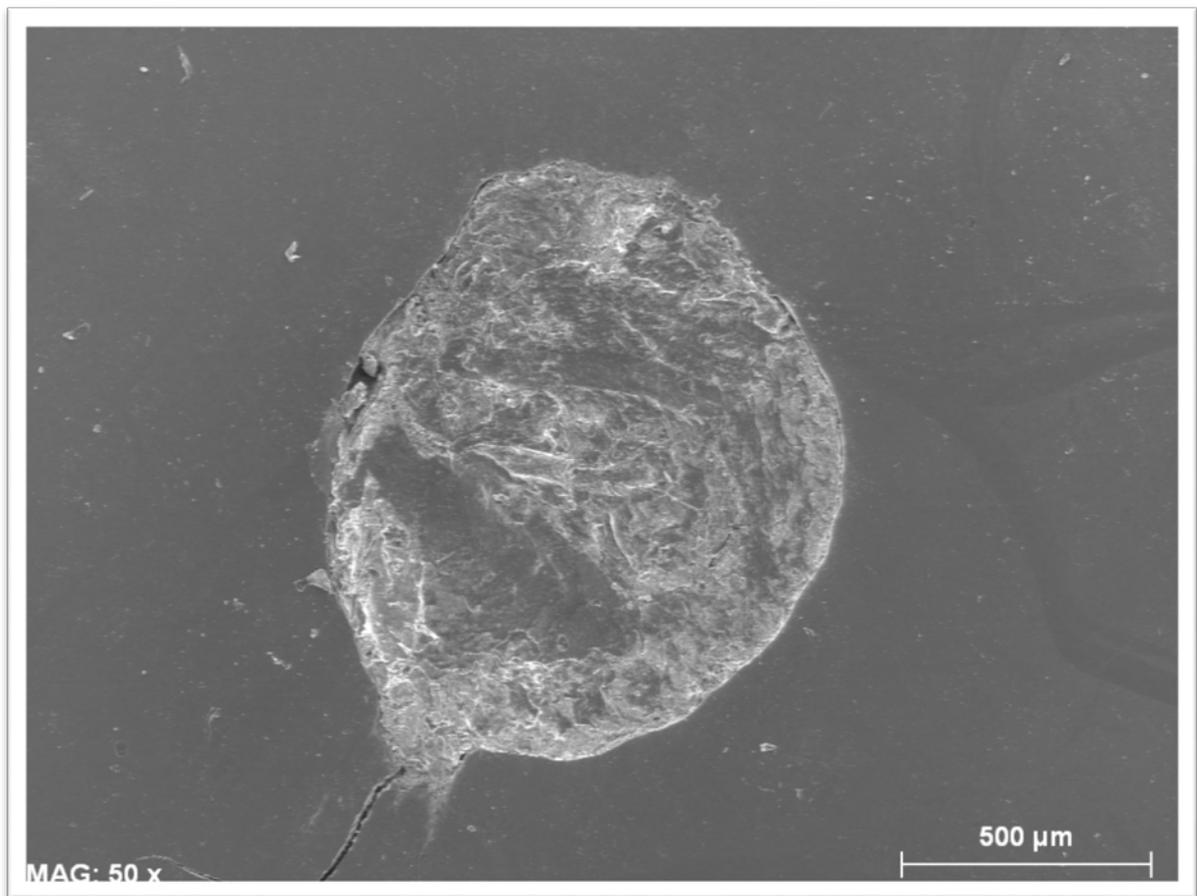


Figura 99. Tercio coronal muestra B4.

El segundo parámetro estudiado fue la longitud máxima de desadaptación en profundidad de los materiales de obturación con respecto al conducto radicular, obteniéndose los siguientes resultados:

El intervalo de longitud de desadaptación estuvo comprendido entre 0,005 y 0,209 milímetros.

Las medias fueron para el tercio apical 0,040 mm, medio 0,035 mm, coronal 0,056 mm y del total de las muestras del grupo B 0,044 mm.

El conjunto de los resultados se muestran a continuación (Tabla 8 y Figura 100):

<i>ESPECIMEN</i>	TERCIO APICAL (mm)	TERCIO MEDIO (mm)	TERCIO CORONAL (mm)	MEDIA (mm)
<i>B1</i>	0,079	0,018	0,059	0,052
<i>B2</i>	0,022	0,014	0,054	0,030
<i>B3</i>	0,113	0,018	0,209	0,113
<i>B4</i>	0,012	0,011	0,038	0,020
<i>B5</i>	0,020	0,039	0,085	0,048
<i>B6</i>	0,030	0,011	0,028	0,023
<i>B7</i>	0,022	0,015	0,060	0,032
<i>B8</i>	0,012	0,117	0,008	0,046
<i>B9</i>	0,022	0,073	0,014	0,036
<i>B10</i>	0,070	0,032	0,005	0,036
<i>MEDIA</i>	0,040	0,035	0,056	0,044

Tabla 8. Longitud máxima de desadaptación.

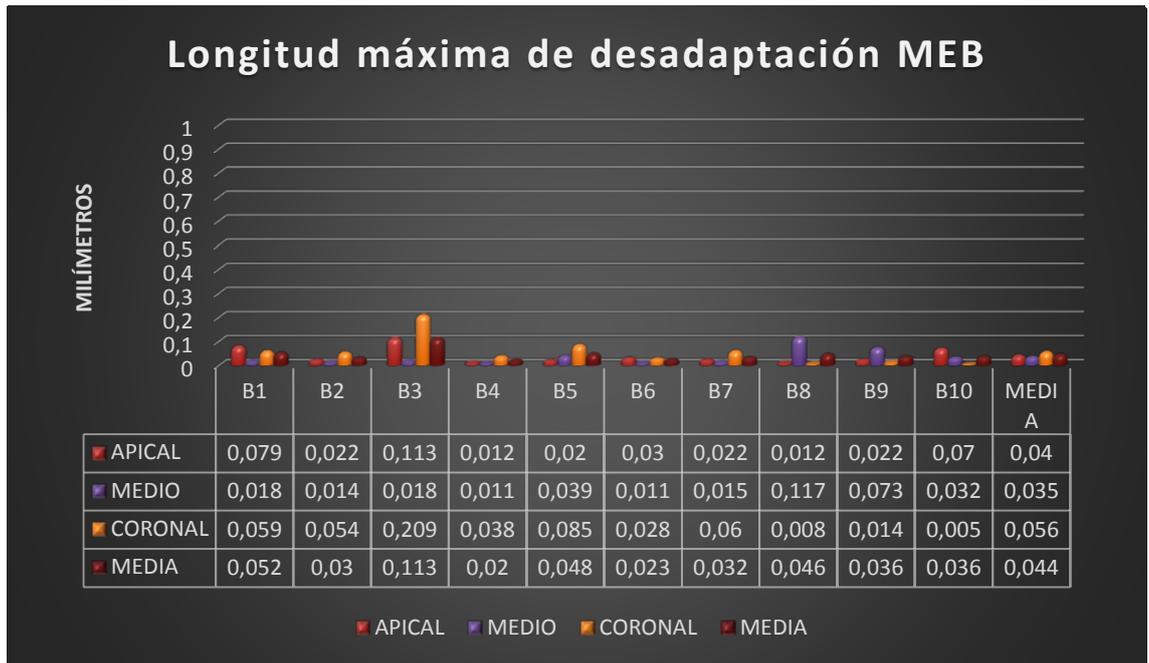


Figura 100. Longitud máxima de desadaptación.

Las siguientes imágenes muestran ejemplos de la desadaptación de los tres tercios estudiados (Figuras 101 a 103):

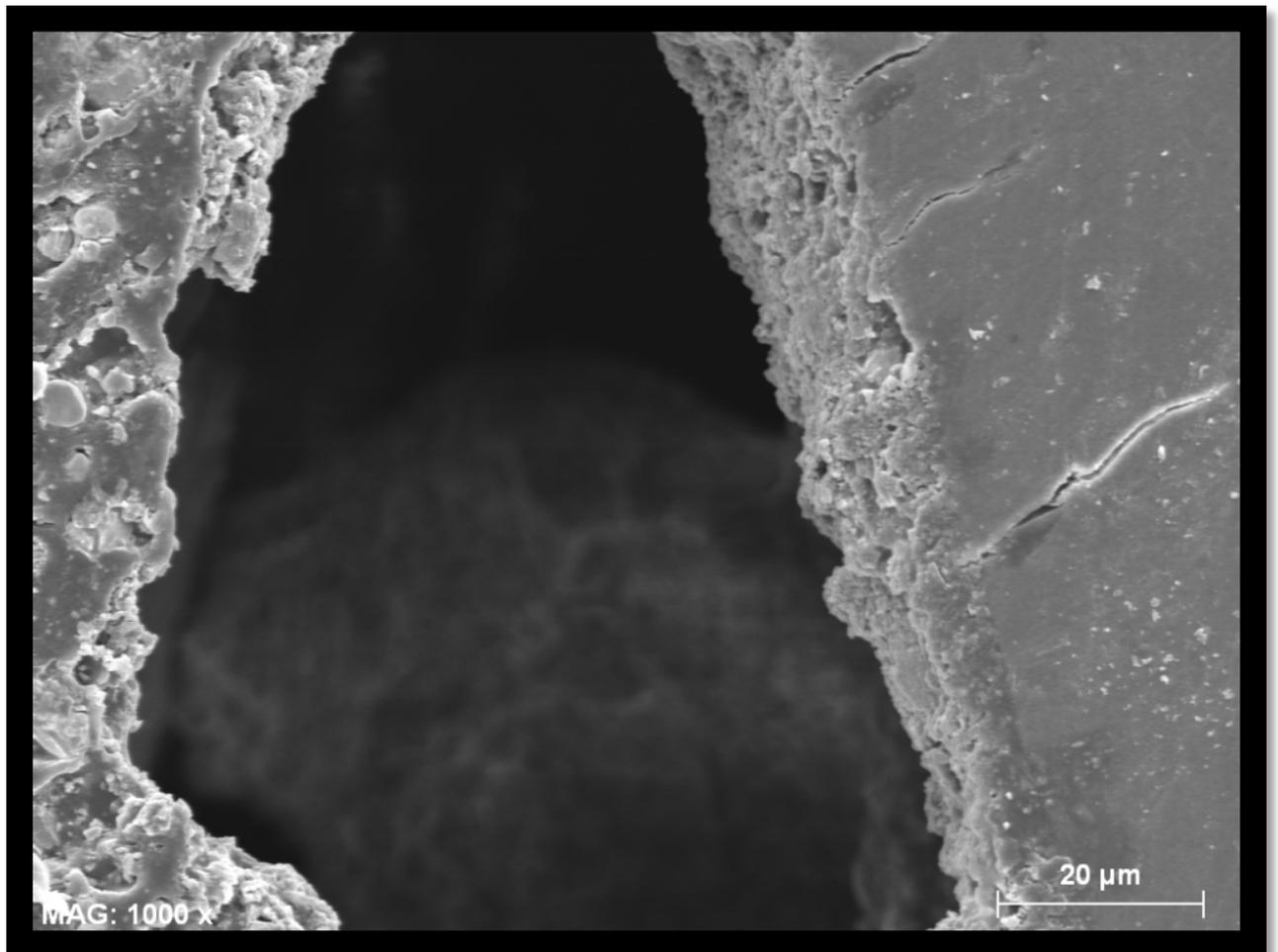


Figura 101. Tercio apical muestra B1.

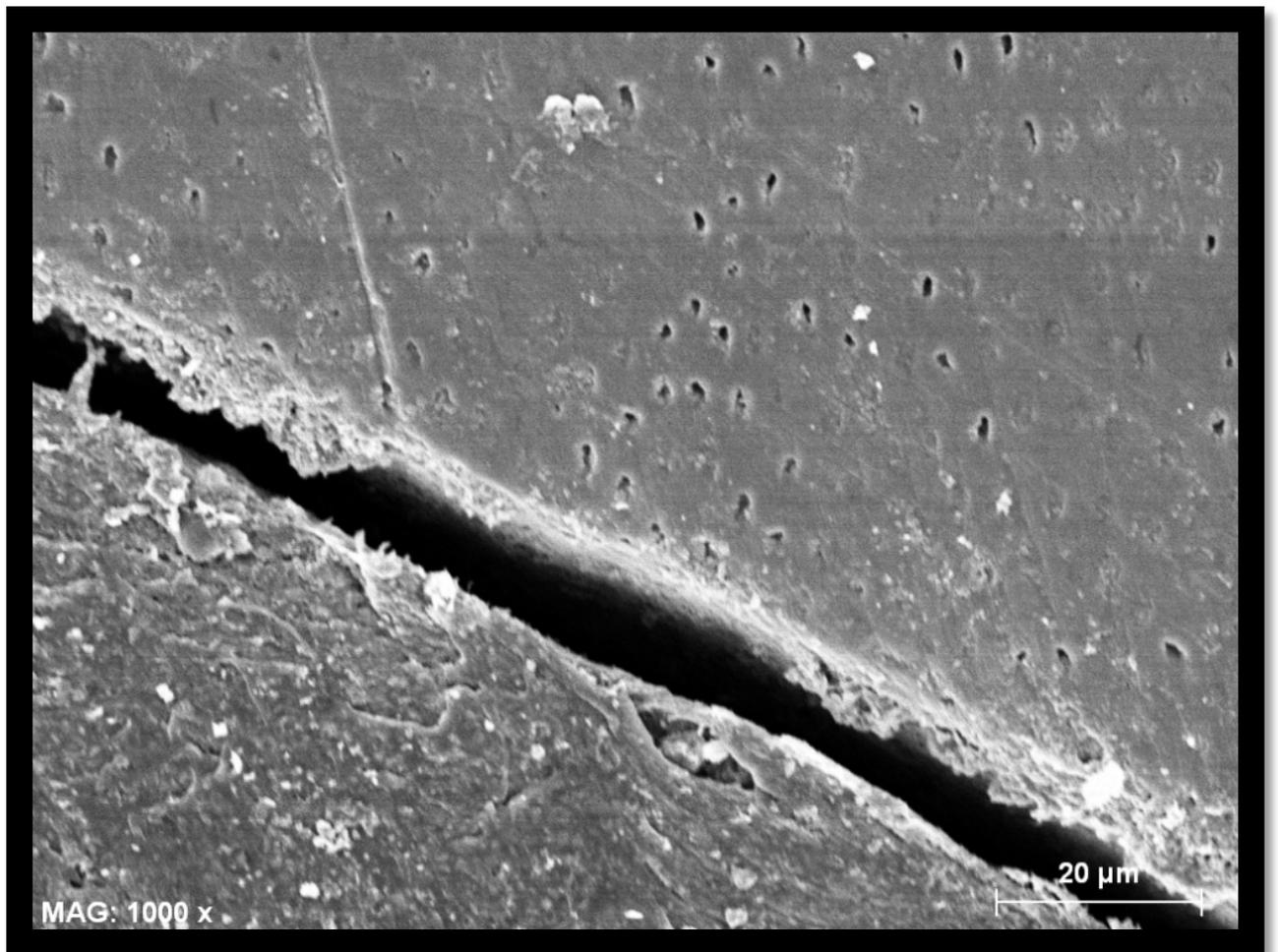


Figura 102. Tercio medio muestra B4.

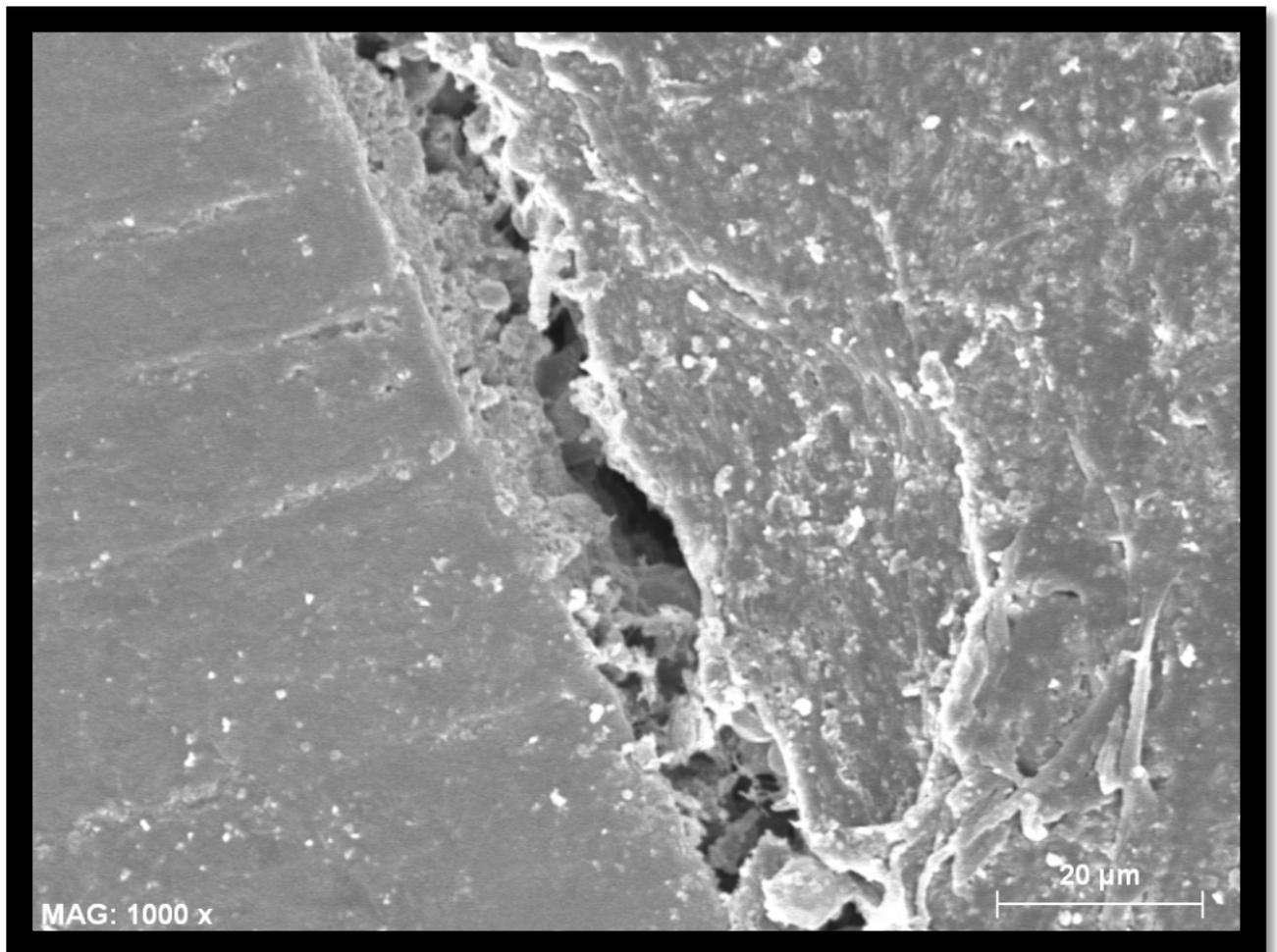


Figura 103. Tercio coronal muestra B6.

3.3.- Grupo C: conformación One Shape y obturación con la técnica CLMI.**3.3.1.- Microscopio confocal láser de barrido.**

El cemento con Rodamina se visualizó en todas las muestras estudiadas.

El primer parámetro estudiado fue la adaptación del cemento sellador con Rodamina B a las paredes del conducto radicular, obteniéndose los siguientes resultados:

El intervalo de adaptación porcentualmente osciló de 15,92 a 100%.

Las medias de adaptación de todas las muestras fueron para el tercio apical 51,10%, medio 85,86%, coronal 79,75% y la media total fue de 72,24%.

La totalidad de los resultados se muestran a continuación (Tabla 9 y Figura 104):

ESPECIMEN	TERCIO APICAL (%)	TERCIO MEDIO (%)	TERCIO CORONAL (%)	MEDIA (%)
C1	76,47	91,55	71,99	80,00
C2	45,02	62,08	96,11	67,74
C3	15,92	100	100	71,97
C4	81,64	98,50	84,07	88,07
C5	29,65	67,37	44,14	47,05
C6	64,23	82,37	93,22	79,94
C7	41,46	94,54	89,76	75,25
C8	52,06	82,44	100	78,17
C9	26,40	94,04	40,16	53,53
C10	78,20	85,71	78,06	80,66
MEDIA (%)	51,10	85,86	79,75	72,24

Tabla 9. Adaptación del cemento sellador.

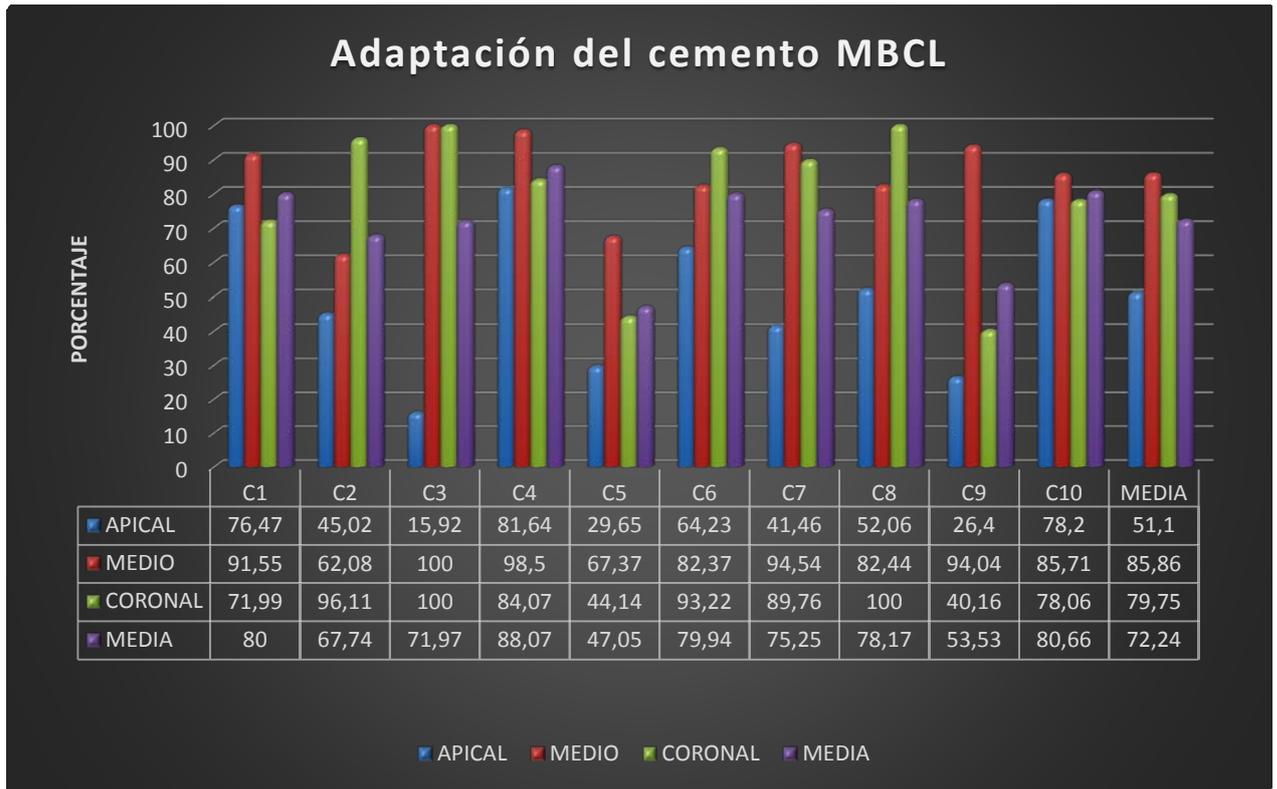


Figura 104. Adaptación del cemento sellador.

El segundo parámetro estudiado con el microscopio de barrido confocal láser fue la longitud máxima de penetración de la Rodamina en los túbulos dentinarios, obteniendo los siguientes datos:

El intervalo de longitud de penetración estuvo comprendido entre 0,094 a 2,177 milímetros.

Las medias de máxima longitud de penetración fueron para el tercio apical 0,656 mm, medio 1,000, coronal 1,161 mm y de todo el grupo C 0,939 mm.

El conjunto de los resultados se muestran a continuación (Tabla 10 y Figura 105):

ESPECIMEN	TERCIO APICAL (mm)	TERCIO MEDIO (mm)	TERCIO CORONAL (mm)	MEDIA (mm)
C1	1,065	1,035	1,073	1,058
C2	1,164	1,143	1,276	1,194
C3	0,232	0,888	2,177	1,099
C4	0,429	1,159	1,326	0,971
C5	0,186	0,640	0,873	0,566
C6	1,114	1,218	1,051	1,128
C7	0,714	0,914	0,824	0,817
C8	0,923	0,820	0,839	0,861
C9	0,094	1,322	1,465	0,960
C10	0,644	0,864	0,712	0,740
MEDIA	0,656	1,000	1,161	0,939

Tabla 10. Longitud máxima de penetración.

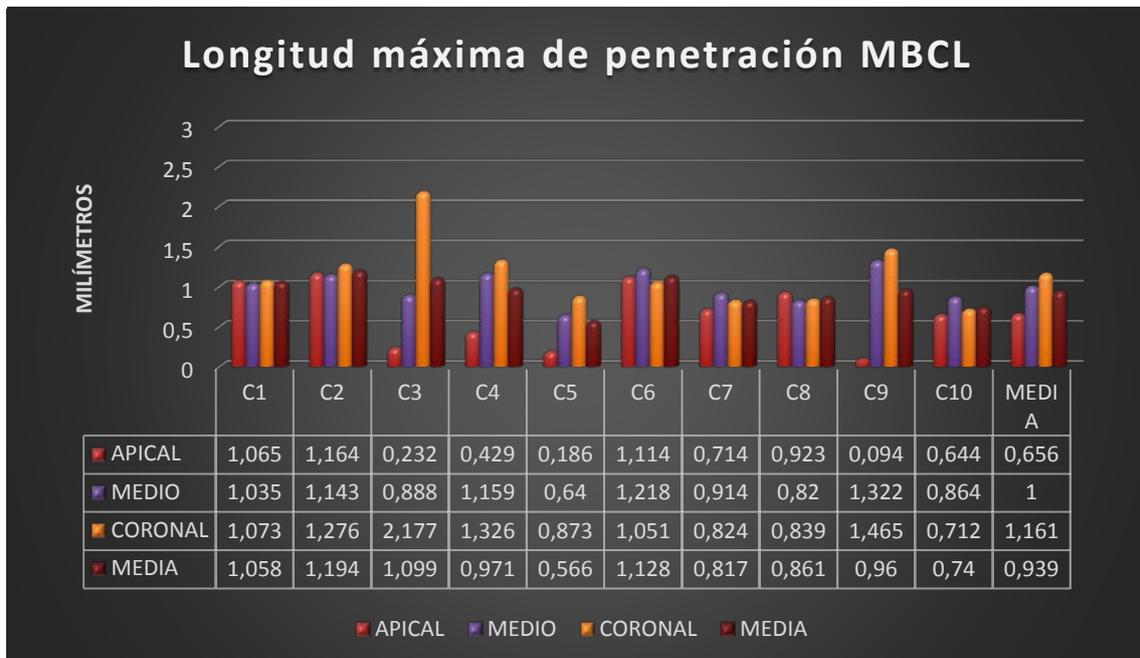


Figura 105. . Longitud máxima de penetración.

Las siguientes imágenes muestran un ejemplo de cada uno de los tercios analizados (Figuras 106 a 108):



Figura 106. Tercio apical muestra C4.



Figura 107. Tercio medio muestra C1.



Figura 108. Tercio coronal muestra C8.

3.3.2.- Microscopio electrónico de barrido.

La desadaptación se produjo en el 100% de las muestras.

El primer parámetro estudiado fue la adaptación de los materiales de obturación a las paredes del conducto radicular, con lo que se obtuvieron los siguientes datos:

El intervalo de adaptación porcentualmente estuvo comprendido entre 72,33 y 99,68%.

Las medias de adaptación de todas las muestras fueron para el tercio apical 95,26%, medio 91,08%, coronal 87,29% y la media total fue de 91,21%.

La totalidad de los resultados se muestran a continuación (Tabla 11 y Figura 109).

ESPECIMEN	TERCIO APICAL (%)	TERCIO MEDIO (%)	TERCIO CORONAL (%)	MEDIA (%)
C1	91,49	95,70	80,00	89,06
C2	93,66	83,27	95,32	90,75
C3	96,60	72,33	99,47	89,47
C4	96,49	92,72	80,23	89,81
C5	94,38	98,16	98,18	96,91
C6	96,80	97,65	72,89	89,11
C7	91,28	78,02	84,61	84,64
C8	97,33	99,30	94,28	96,97
C9	95,60	93,94	87,78	92,44
C10	98,98	99,68	80,12	92,93
MEDIA (%)	95,26	91,08	87,29	91,21

Tabla 11. Adaptación materiales de obturación.

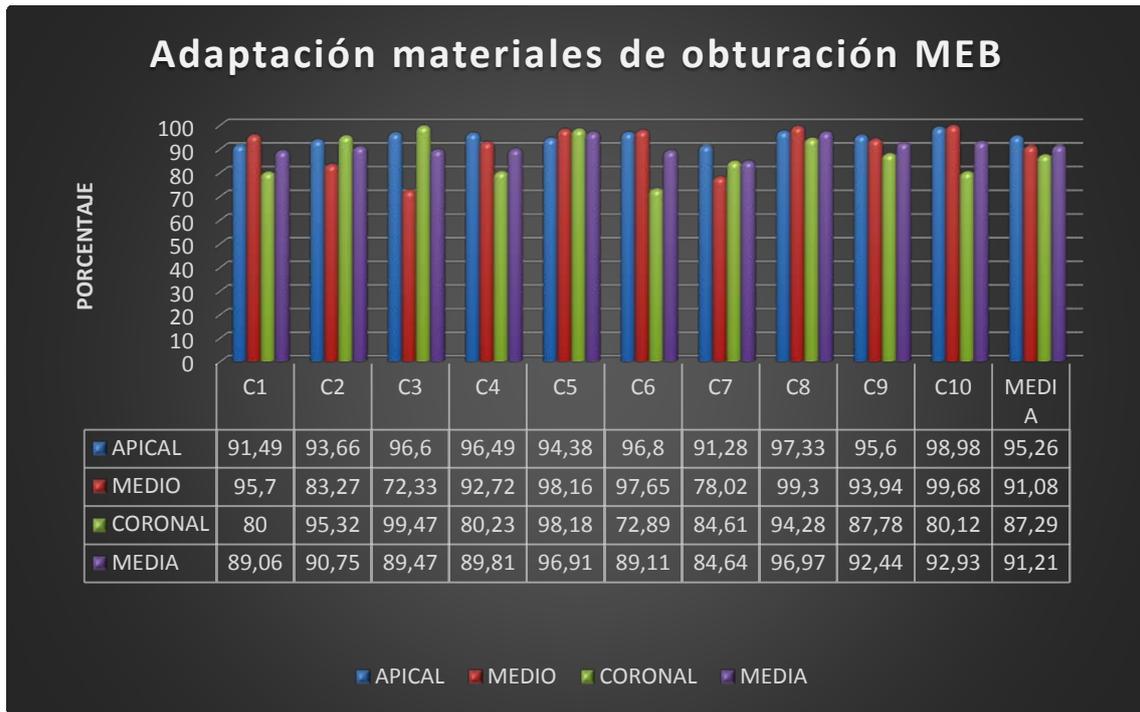


Figura 109. Adaptación materiales de obturación.

En las siguientes imágenes se muestran ejemplos de la adaptación del perímetro de cada uno de los tercios analizados (Figuras 110 a 112):

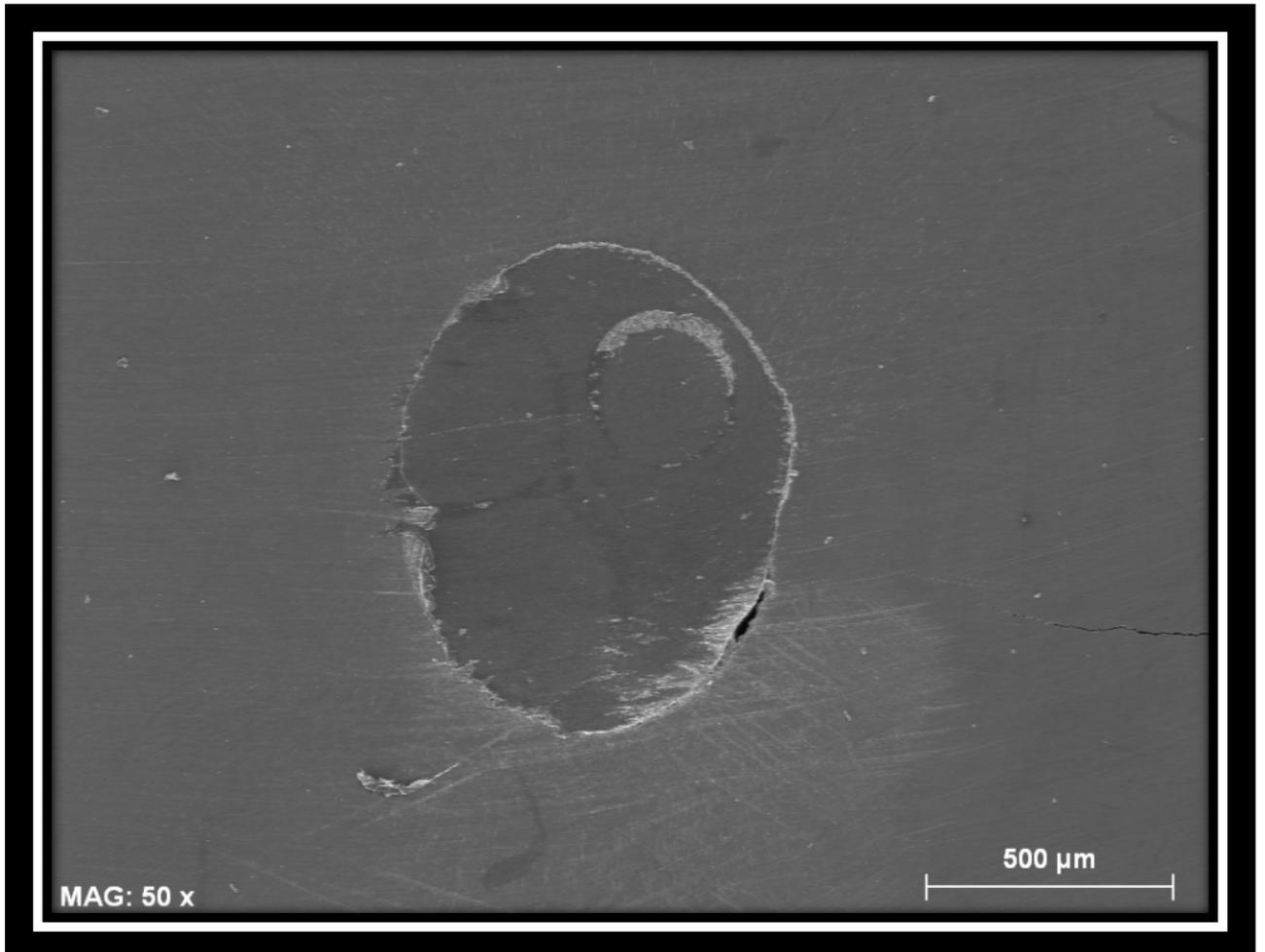


Figura 110. Tercio apical muestra C1.

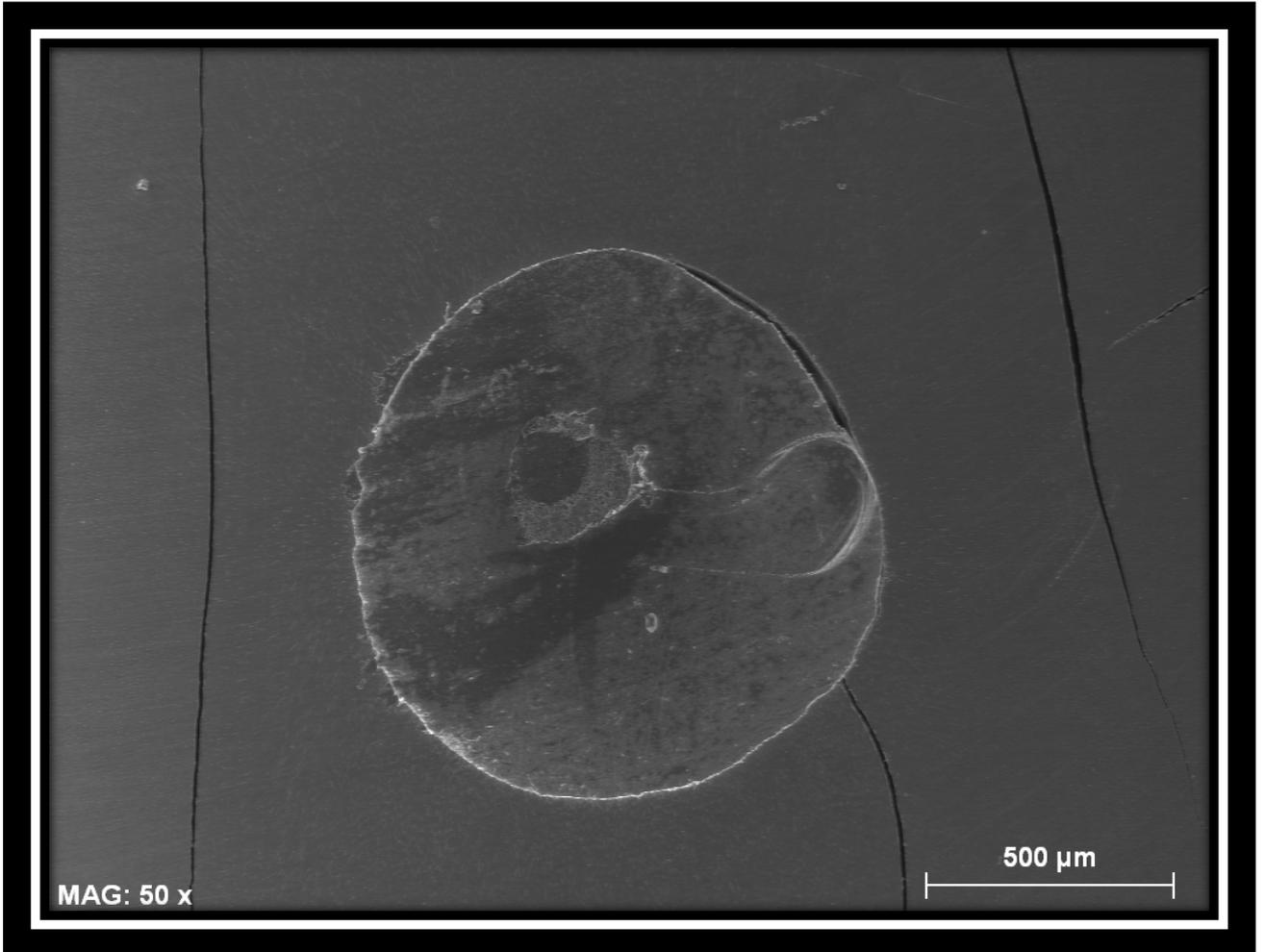


Figura 111. Tercio medio muestra C7.

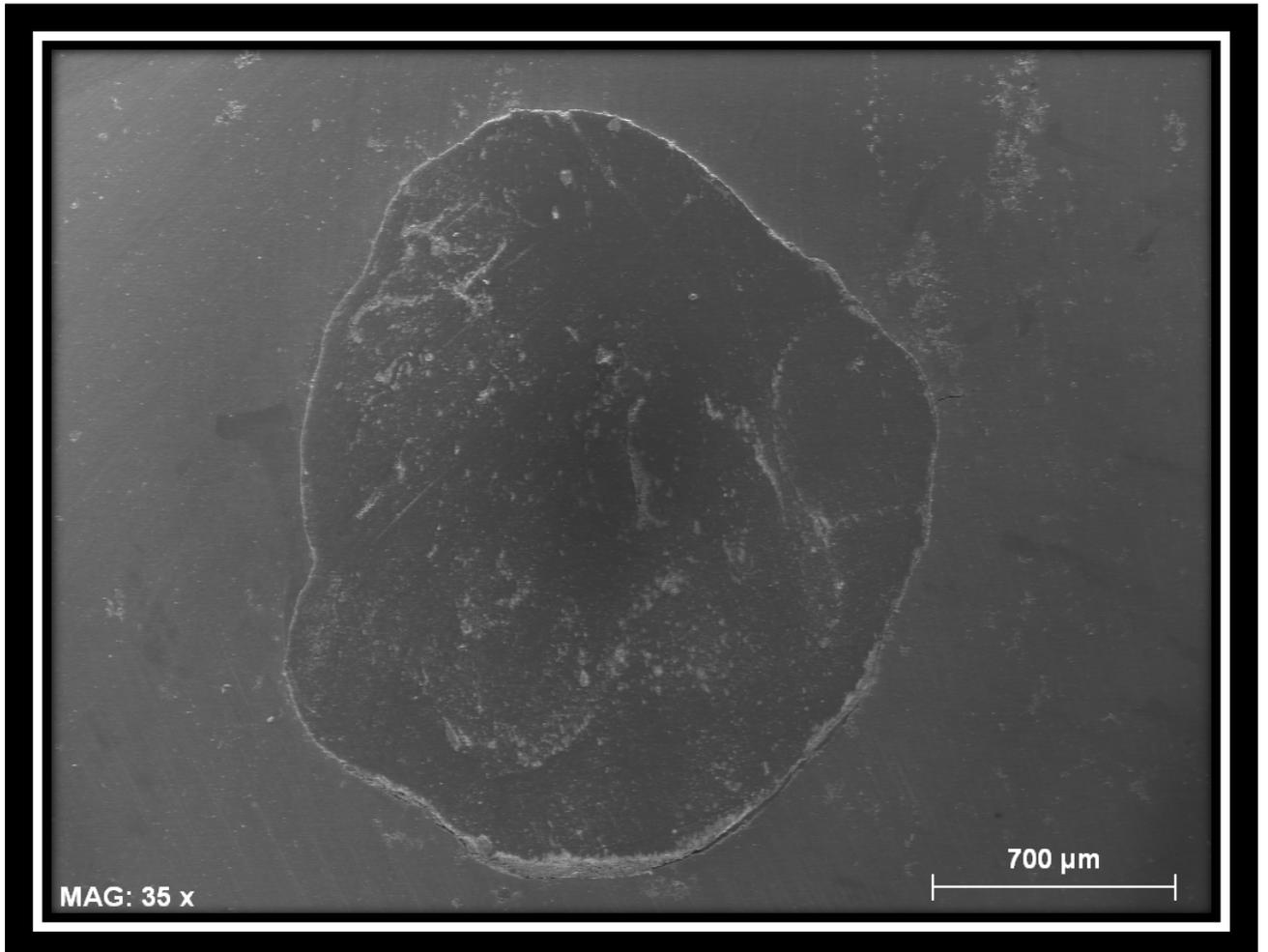


Figura 112. Tercio coronal muestra C4.

El segundo parámetro estudiado fue la longitud máxima de desadaptación en profundidad de los materiales de obturación con respecto al conducto radicular, obteniéndose los siguientes resultados:

El intervalo de longitud de desadaptación estuvo comprendido entre 0,002 y 0,196 milímetros.

Las medias fueron para el tercio apical 0,040 mm, medio 0,014 mm, coronal 0,036 mm y la media de todas las muestras del grupo A 0,030 mm.

El conjunto de los resultados se muestran a continuación (Tabla 12 y Figura 113):

<i>ESPECIMEN</i>	TERCIO APICAL (mm)	TERCIO MEDIO (mm)	TERCIO CORONAL (mm)	MEDIA (mm)
<i>C1</i>	0,030	0,014	0,050	0,031
<i>C2</i>	0,196	0,047	0,024	0,089
<i>C3</i>	0,030	0,014	0,010	0,018
<i>C4</i>	0,004	0,009	0,035	0,016
<i>C5</i>	0,043	0,006	0,037	0,029
<i>C6</i>	0,020	0,005	0,036	0,020
<i>C7</i>	0,057	0,029	0,072	0,053
<i>C8</i>	0,009	0,008	0,048	0,022
<i>C9</i>	0,010	0,005	0,025	0,013
<i>C10</i>	0,005	0,002	0,027	0,011
<i>MEDIA</i>	0,040	0,014	0,036	0,030

Tabla 12. Longitud máxima de desadaptación.

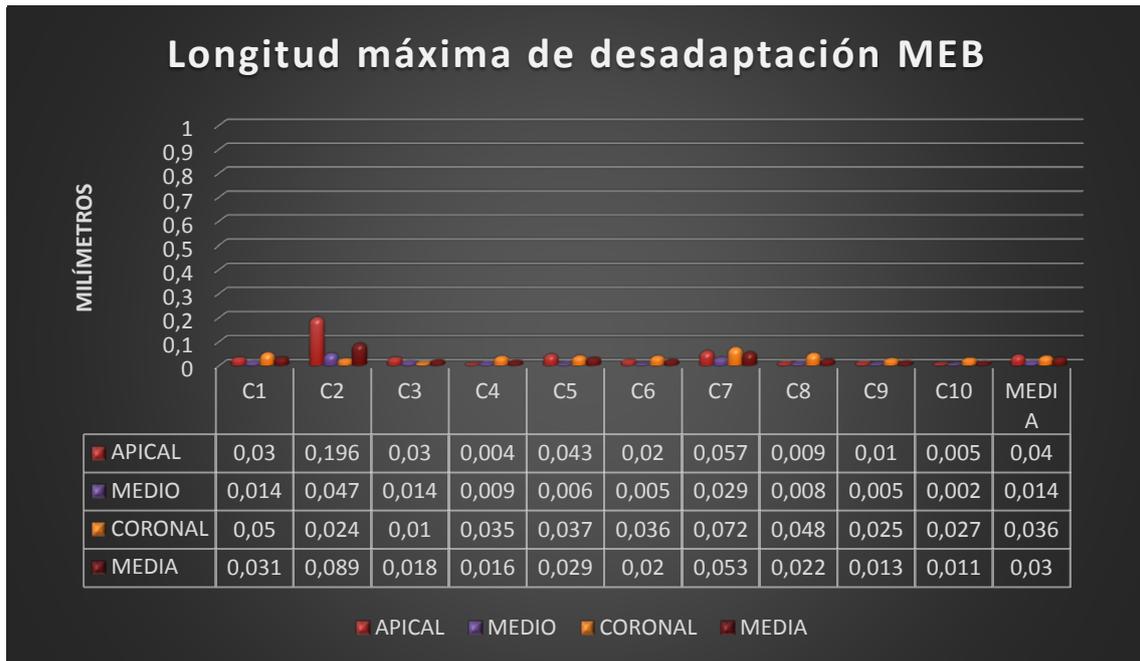


Figura 113. Longitud máxima de desadaptación.

Las siguientes imágenes muestran ejemplos de la desadaptación de los tres tercios estudiados (Figuras 114 a 116):

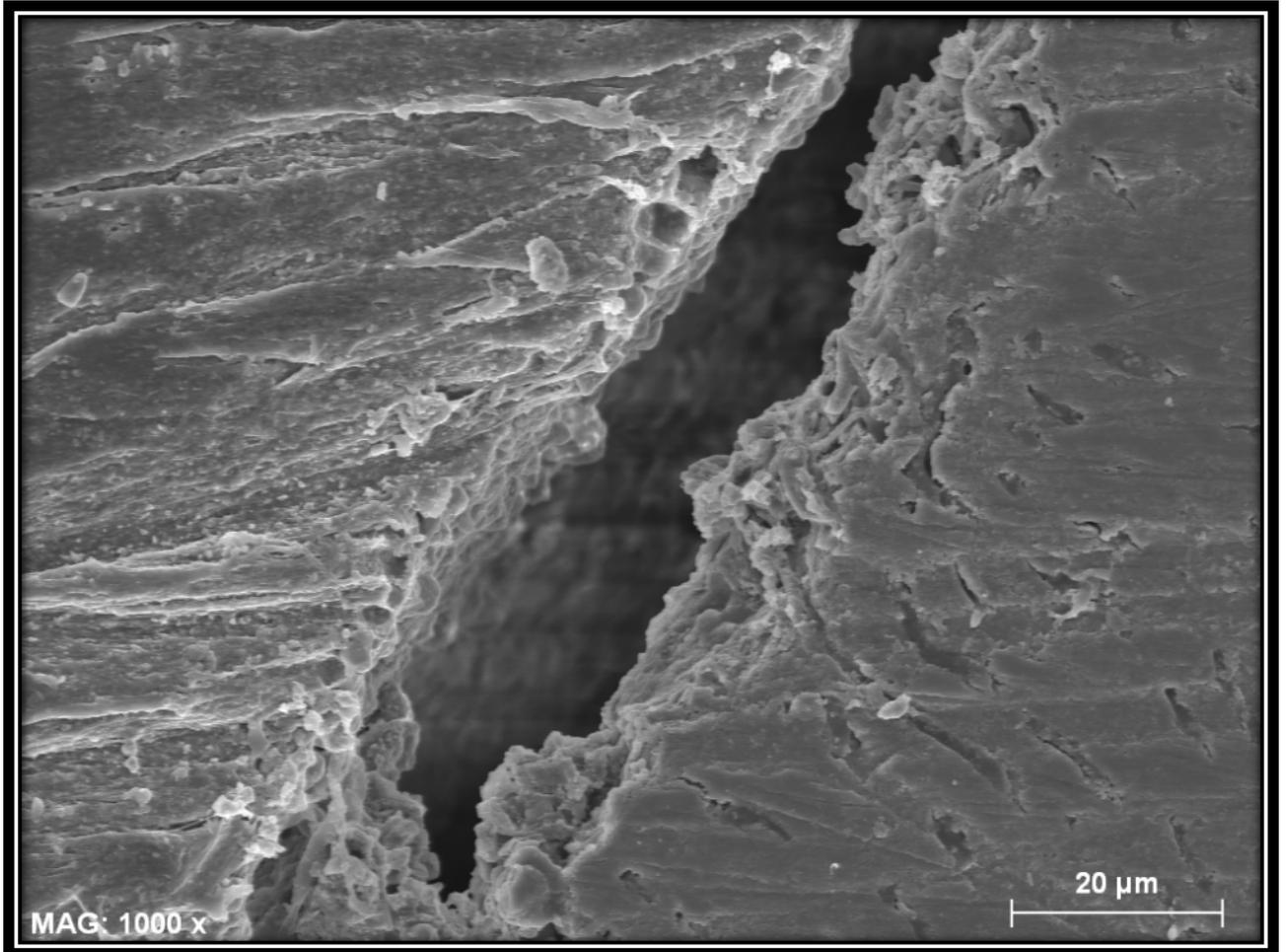


Figura 114. Tercio apical muestra C1.

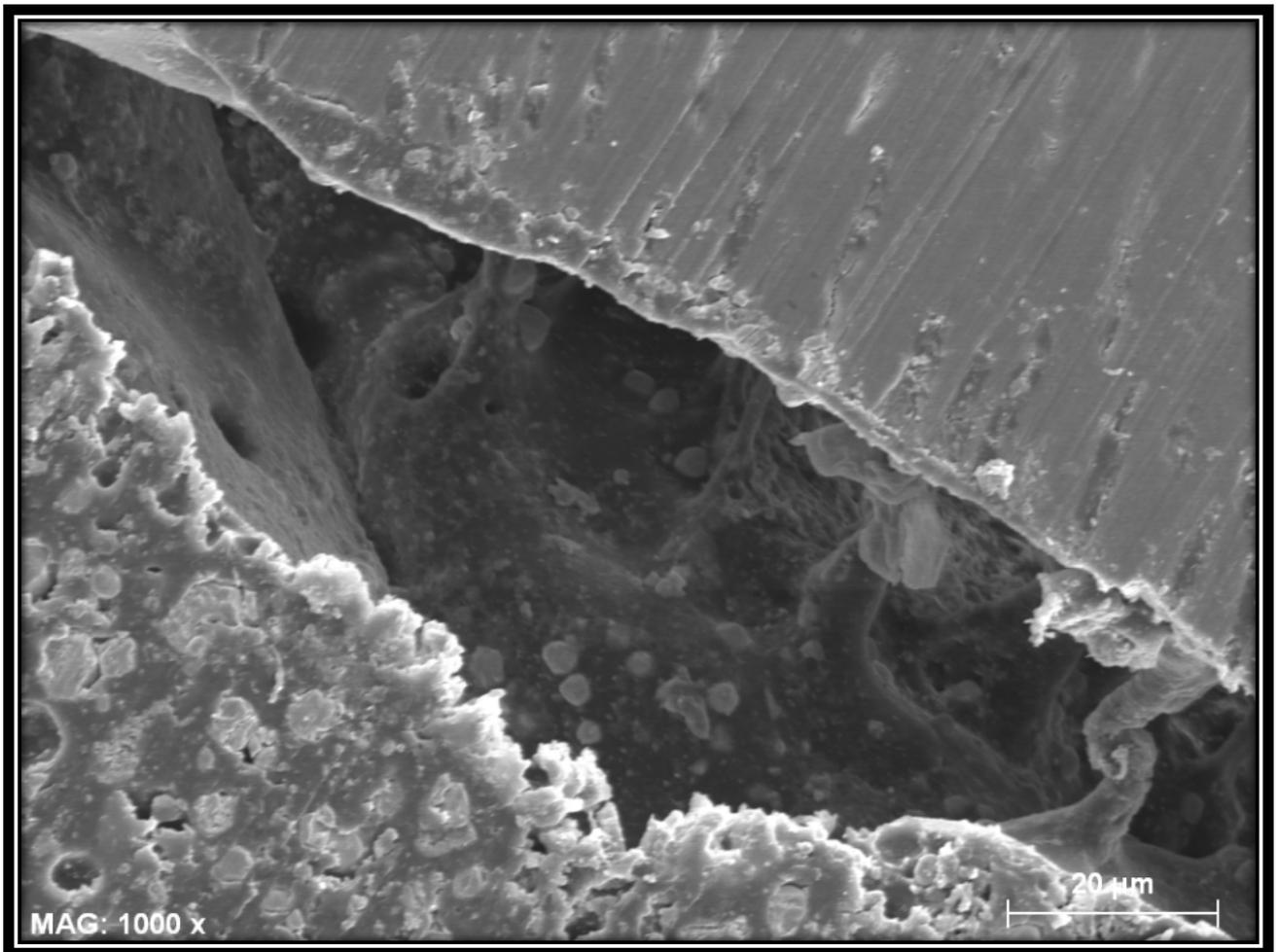


Figura 115. Tercio medio muestra C2.

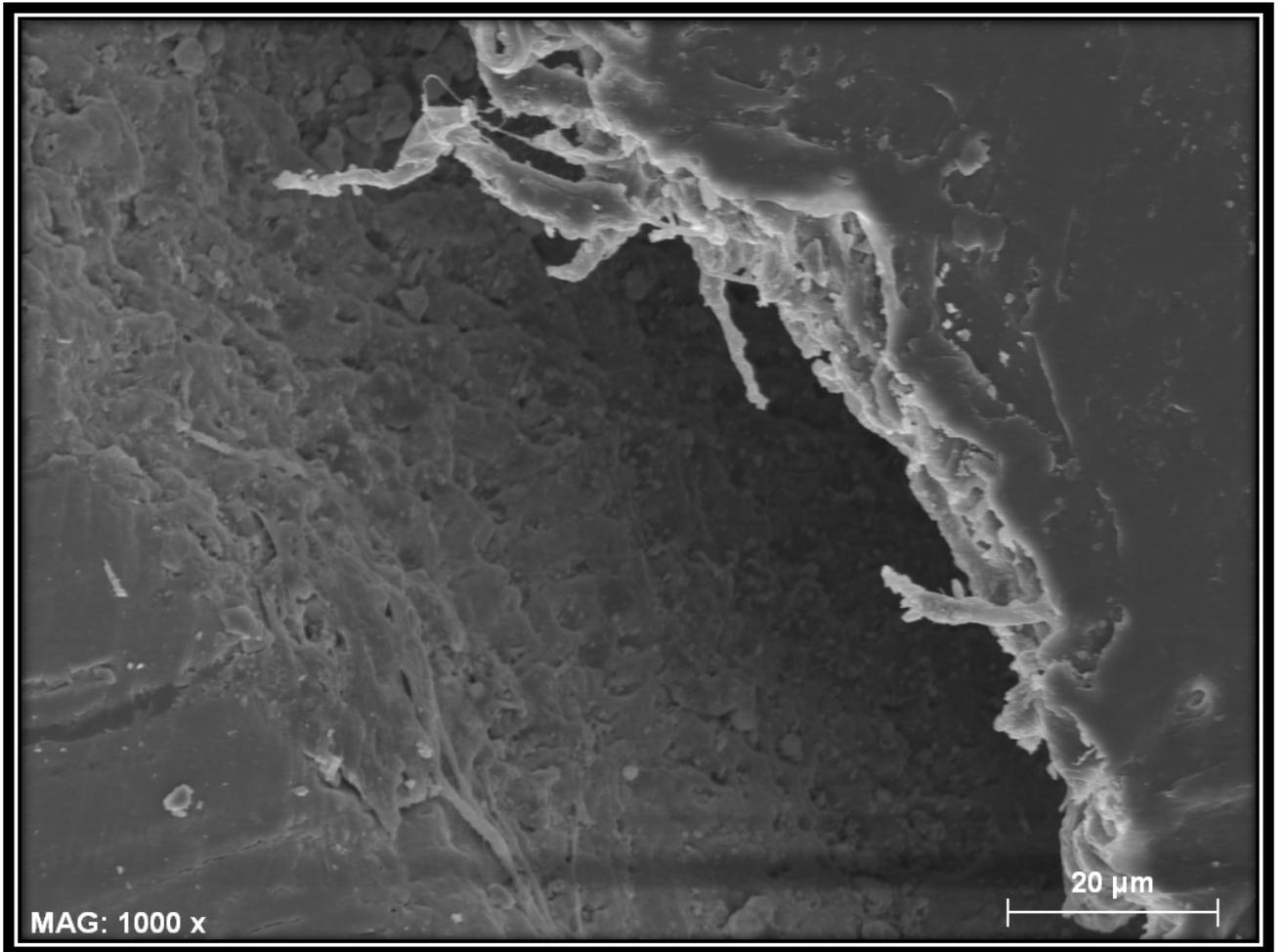


Figura 116. Tercio coronal muestra C7.

3.4.- Grupo D: conformación K-Flexofile y obturación con la técnica CLMI.**3.4.1.- Microscopio confocal láser de barrido.**

La Rodamina B penetró en todas las muestras.

El primer parámetro estudiado fue la adaptación del cemento sellador a las paredes del conducto radicular, obteniéndose los siguientes resultados:

El intervalo de adaptación porcentualmente osciló de 26,18 al 100%.

Las medias de adaptación de todas las muestras fueron para el tercio apical 60,53%, medio 82,29%, coronal 82,92% y la media total fue de 75,25%.

La totalidad de los resultados se muestran a continuación (Tabla13 y Figura 117):

<i>ESPECIMEN</i>	TERCIO APICAL (%)	TERCIO MEDIO (%)	TERCIO CORONAL (%)	MEDIA (%)
<i>D1</i>	65,89	91,58	81,66	79,71
<i>D2</i>	50,19	86,09	80,93	72,40
<i>D3</i>	73,42	100	82,59	85,34
<i>D4</i>	59,34	82,87	99,38	80,53
<i>D5</i>	26,18	90,34	62,27	59,60
<i>D6</i>	79,30	89,57	100	89,62
<i>D7</i>	49,78	63,81	70,80	61,46
<i>D8</i>	59,24	90,32	68,17	72,58
<i>D9</i>	42,00	60,86	100	67,62
<i>D10</i>	100	67,49	83,41	83,63
<i>MEDIA (%)</i>	60,53	82,29	82,92	75,25

Tabla 13. Adaptación del cemento sellador.

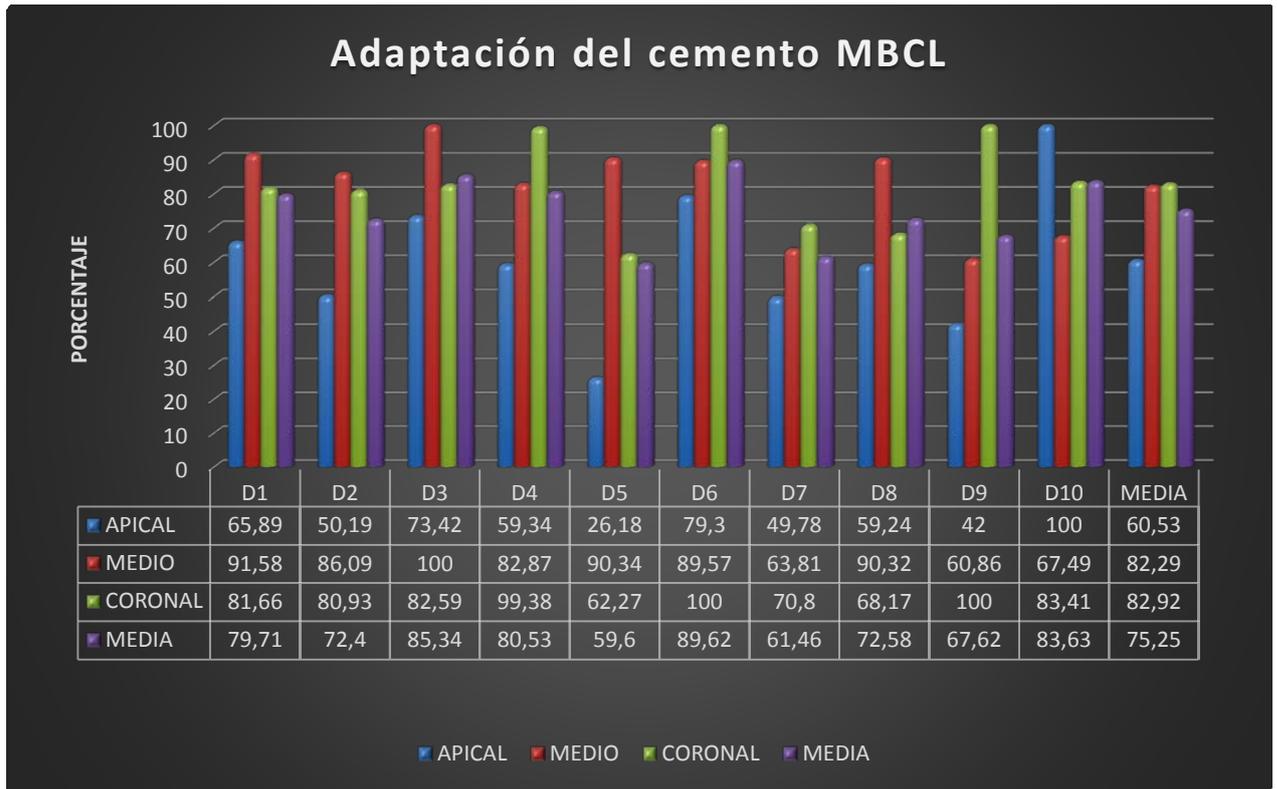


Figura 117. Adaptación del cemento sellador.

El segundo parámetro estudiado con el microscopio de barrido confocal láser fue la longitud máxima de penetración de la Rodamina en los túbulos dentinarios, con lo que se obtuvieron los siguientes resultados:

El intervalo de longitud de penetración estuvo comprendido entre 0,354 a 2,241 milímetros.

Las medias de máxima longitud de penetración fueron para el tercio apical 0,912 mm, medio 0,999, coronal 1,310 mm y del grupo D 1,074 mm.

El conjunto de los resultados se muestran a continuación (Tabla 14 y Figura 118):

ESPECIMEN	TERCIO	TERCIO	TERCIO	MEDIA
	APICAL (mm)	MEDIO (mm)	CORONAL (mm)	(mm)
D1	0,827	0,679	1,161	0,889
D2	0,895	0,808	1,605	1,103
D3	1,002	0,835	0,993	0,943
D4	0,962	1,607	1,696	1,422
D5	0,354	0,920	1,593	0,956
D6	1,398	0,799	0,954	1,050
D7	0,731	1,249	0,890	0,957
D8	1,298	1,255	2,241	1,598
D9	0,771	0,710	0,977	0,819
D10	0,878	1,130	0,988	0,999
MEDIA	0,912	0,999	1,310	1,074

Tabla 14. Longitud máxima de penetración.

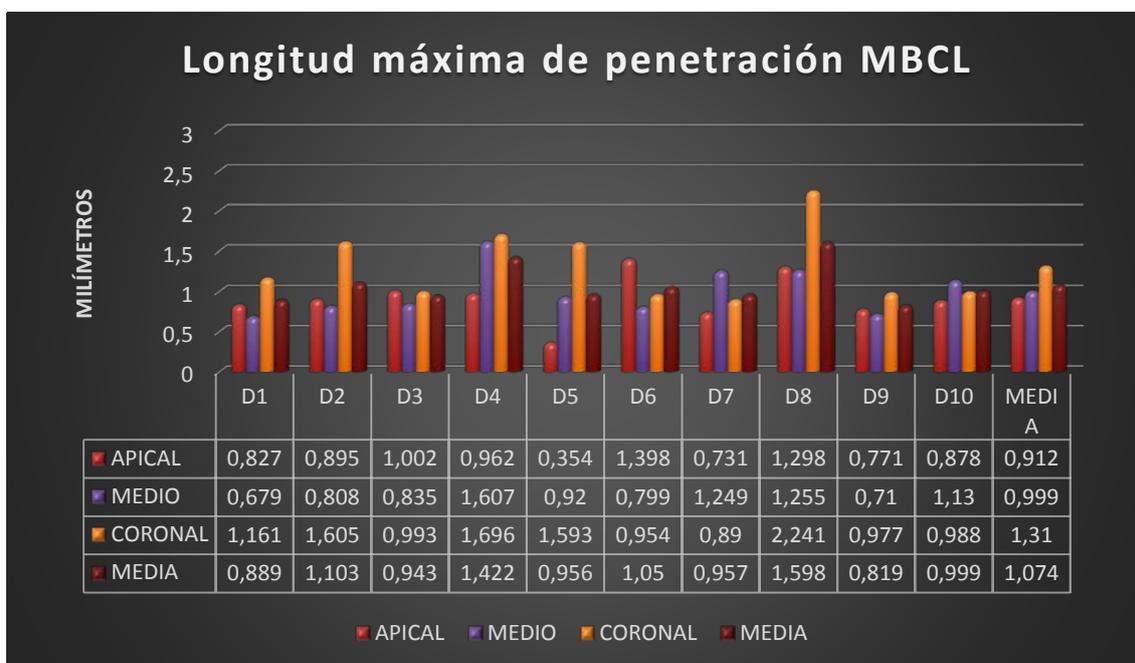


Figura 118. Longitud máxima de penetración.

Las siguientes imágenes muestran un ejemplo de cada tercio analizado (Figuras 119 a 121):

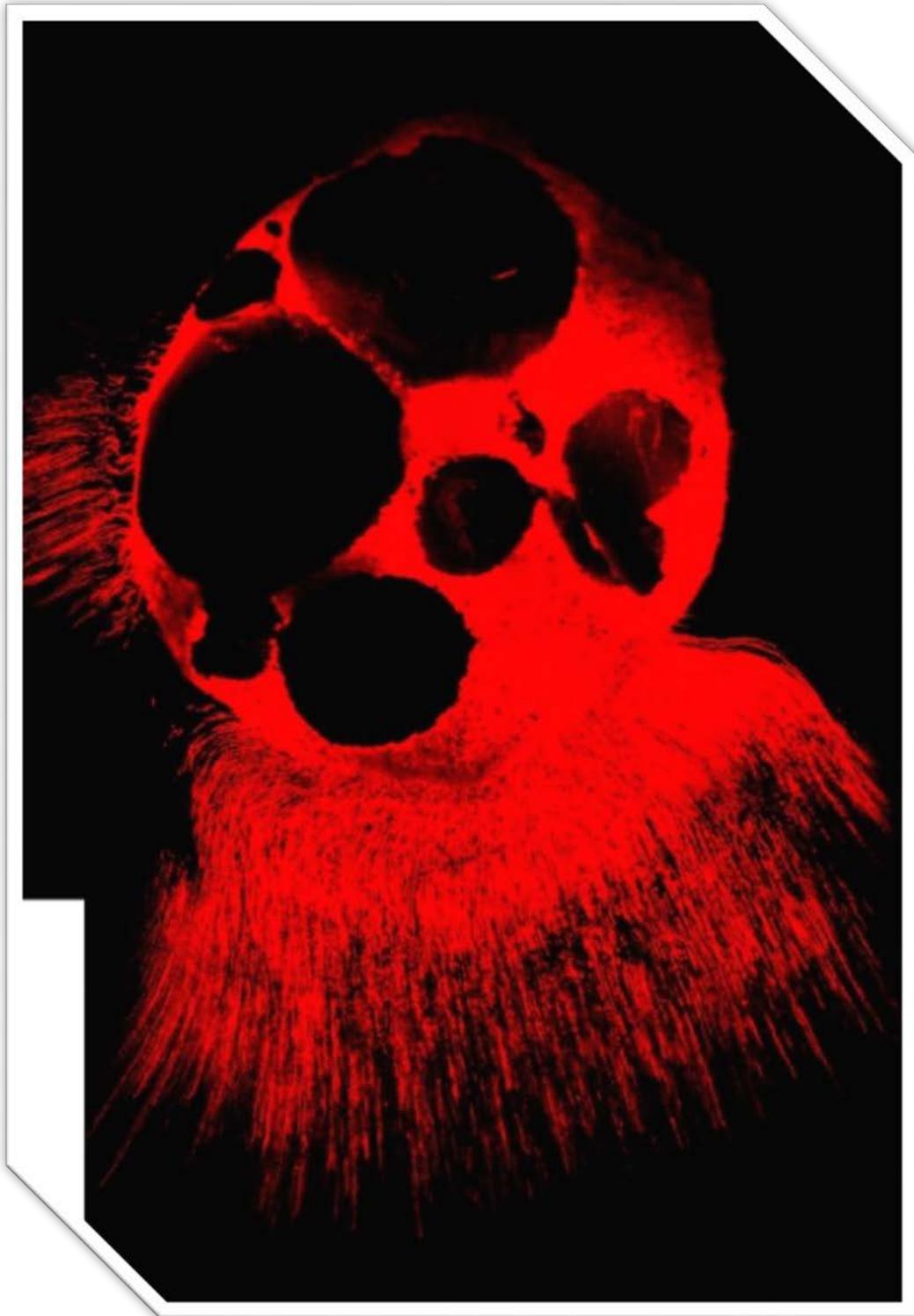


Figura 119. Tercio apical muestra D9.



Figura 120. Tercio medio muestra D5.

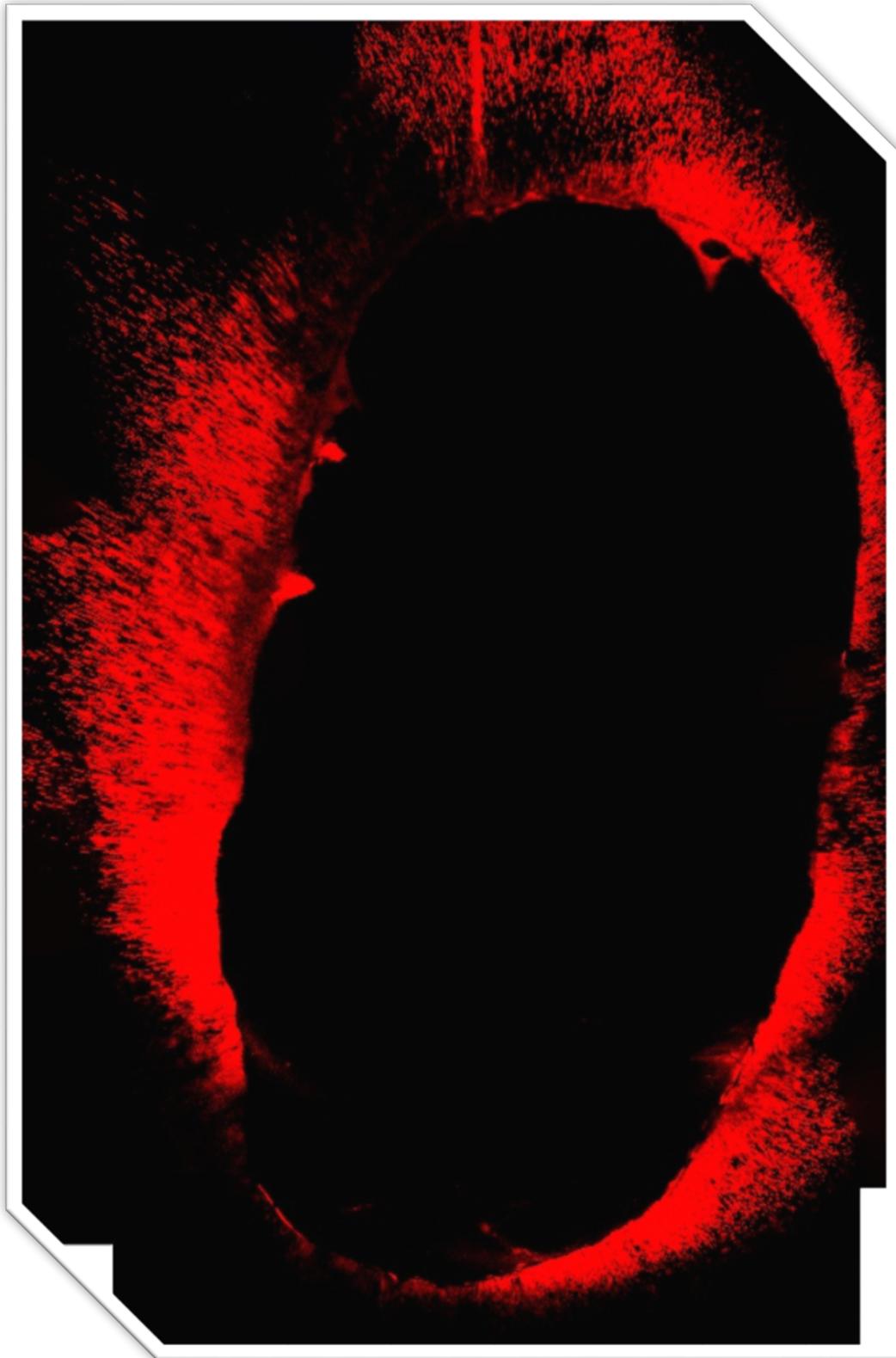


Figura 121. Tercio coronal muestra D6.

3.4.2.- Microscopio electrónico de barrido.

La desadaptación de los materiales de obturación se produjo en todas las muestras estudiadas.

El primer parámetro estudiado fue la adaptación de los materiales de obturación a las paredes del conducto radicular, con lo que se obtuvieron los siguientes datos:

El intervalo de adaptación porcentualmente estuvo comprendido entre 63,67 y 99,06%.

Las medias de adaptación de todas las muestras fueron para el tercio apical 90,03%, medio 86,31%, coronal 82,58% y la media total fue de 86,31%.

La totalidad de los resultados se muestran a continuación (Tabla 15 y Figura 122).

<i>ESPECIMEN</i>	TERCIO APICAL (%)	TERCIO MEDIO (%)	TERCIO CORONAL (%)	MEDIA (%)
<i>D1</i>	82,74	97,52	77,43	85,90
<i>D2</i>	88,45	83,69	92,18	88,11
<i>D3</i>	98,54	69,17	76,37	81,36
<i>D4</i>	94,41	89,17	63,67	82,42
<i>D5</i>	98,49	96,35	76,95	90,60
<i>D6</i>	72,25	90,24	69,11	77,20
<i>D7</i>	89,52	83,02	97,27	89,94
<i>D8</i>	95,73	89,37	99,06	94,72
<i>D9</i>	96,41	66,06	85,44	82,64
<i>D10</i>	83,73	98,46	88,28	90,16
<i>MEDIA (%)</i>	90,03	86,31	82,58	86,31

Tabla 15. Adaptación materiales de obturación.

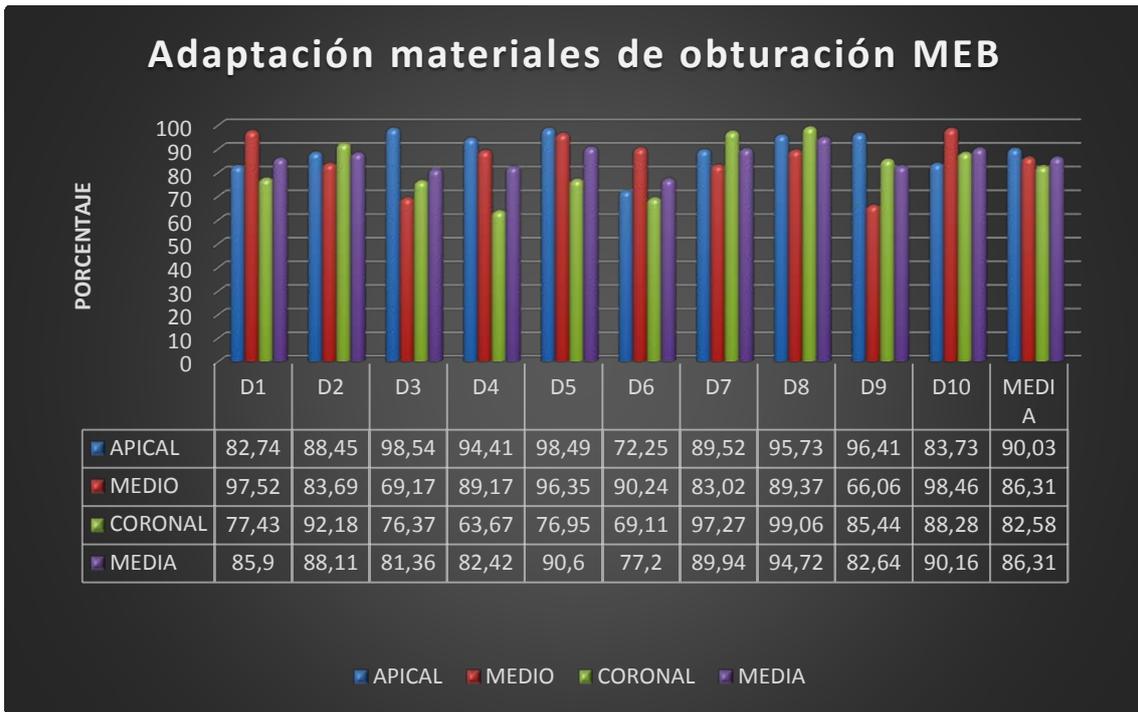


Figura 122. Adaptación materiales de obturación.

En las siguientes imágenes se muestran ejemplos de la adaptación del perímetro de cada uno de los tercios analizados (Figuras 123 a 125):

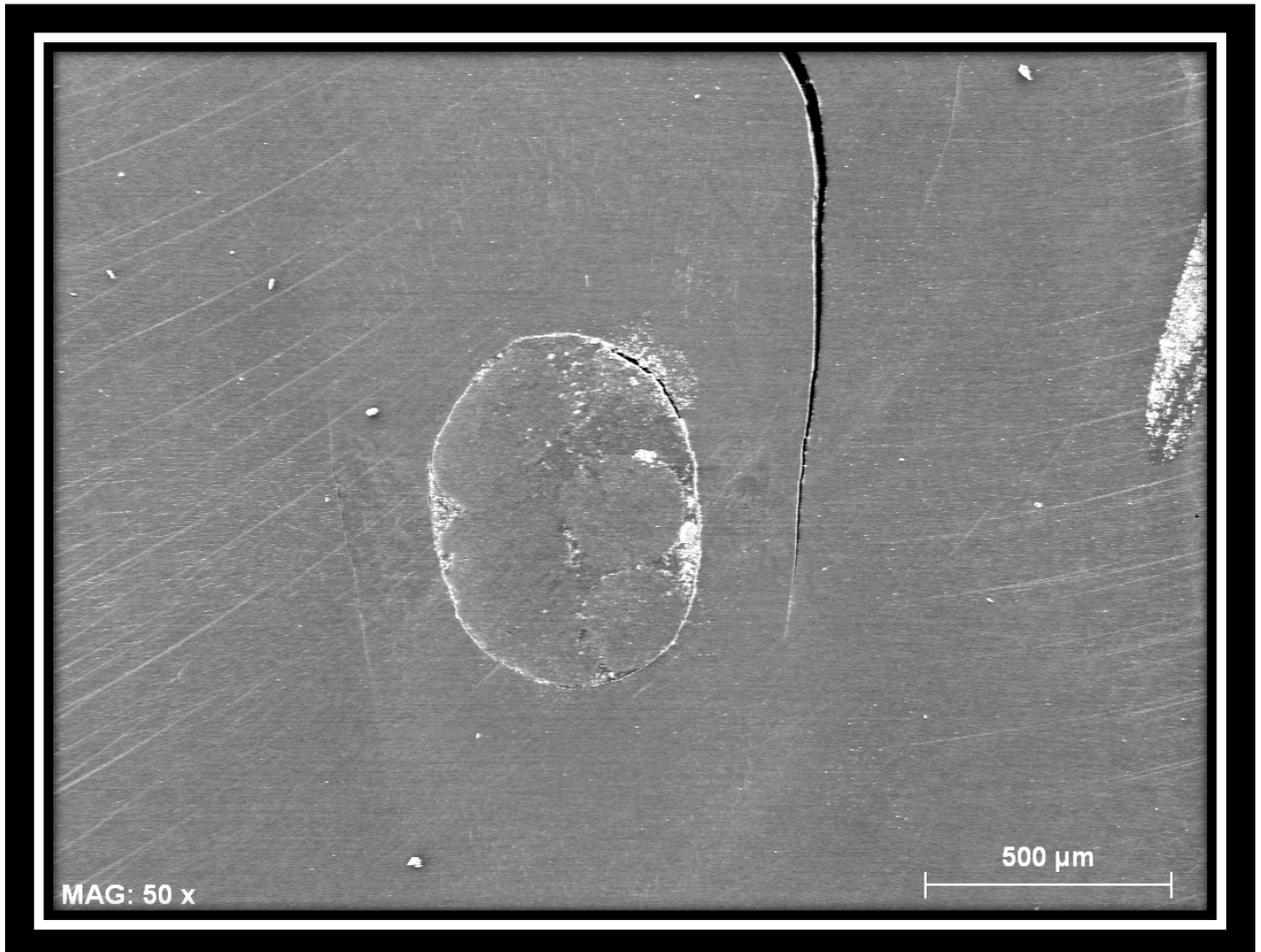


Figura 123. Tercio apical muestra D1.

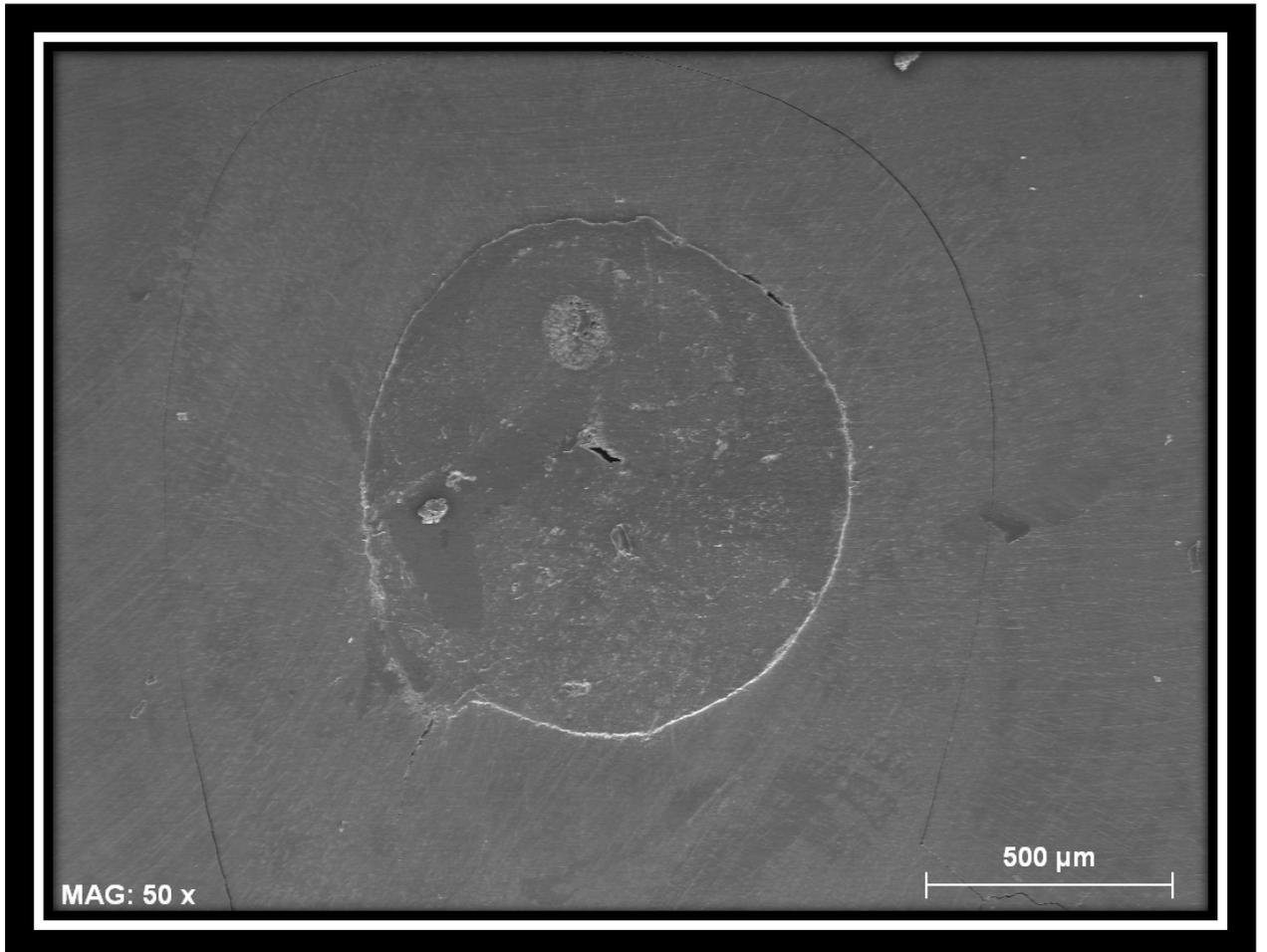


Figura 124. Tercio medio muestra D5.

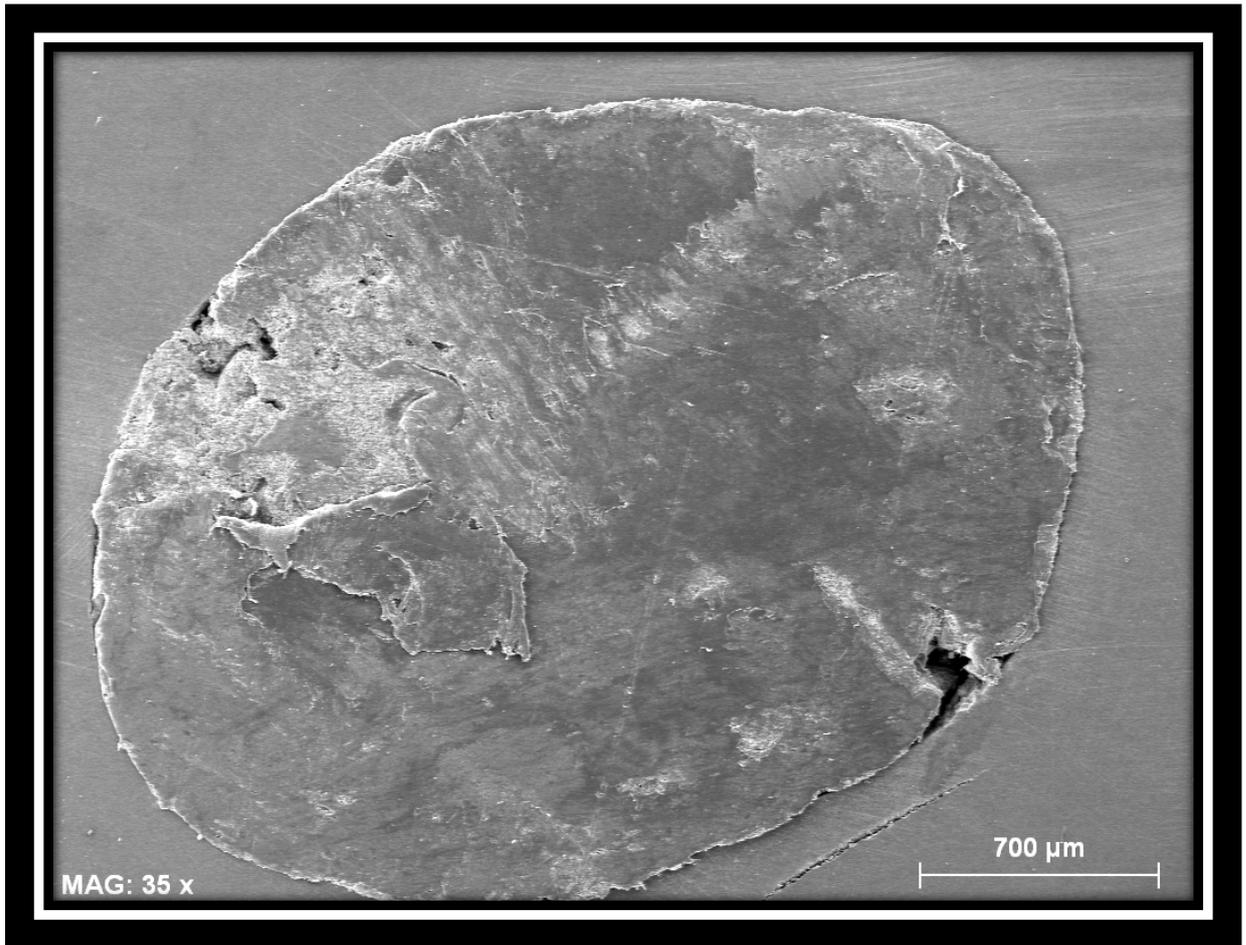


Figura 125. Tercio coronal muestra A4.

El segundo parámetro estudiado fue la longitud máxima de desadaptación en profundidad de los materiales de obturación con respecto al conducto radicular, obteniéndose los siguientes resultados:

El intervalo de longitud de desadaptación estuvo comprendido entre 0,004 y 0,195 milímetros.

Las medias fueron para el tercio apical 0,011 mm, medio 0,029 mm, coronal 0,043 mm y del total de las muestras del grupo D 0,028 mm.

El conjunto de los resultados se muestran a continuación (Tabla 16 y Figura 126):

<i>ESPECIMEN</i>	TERCIO APICAL (mm)	TERCIO MEDIO (mm)	TERCIO CORONAL (mm)	MEDIA (mm)
<i>D1</i>	0,016	0,035	0,040	0,030
<i>D2</i>	0,020	0,013	0,029	0,021
<i>D3</i>	0,004	0,042	0,038	0,028
<i>D4</i>	0,011	0,013	0,033	0,019
<i>D5</i>	0,014	0,012	0,024	0,017
<i>D6</i>	0,010	0,033	0,038	0,027
<i>D7</i>	0,009	0,042	0,011	0,021
<i>D8</i>	0,009	0,040	0,009	0,019
<i>D9</i>	0,012	0,043	0,011	0,022
<i>D10</i>	0,008	0,013	0,195	0,072
<i>MEDIA</i>	0,011	0,029	0,043	0,028

Tabla 16. Longitud máxima de desadaptación

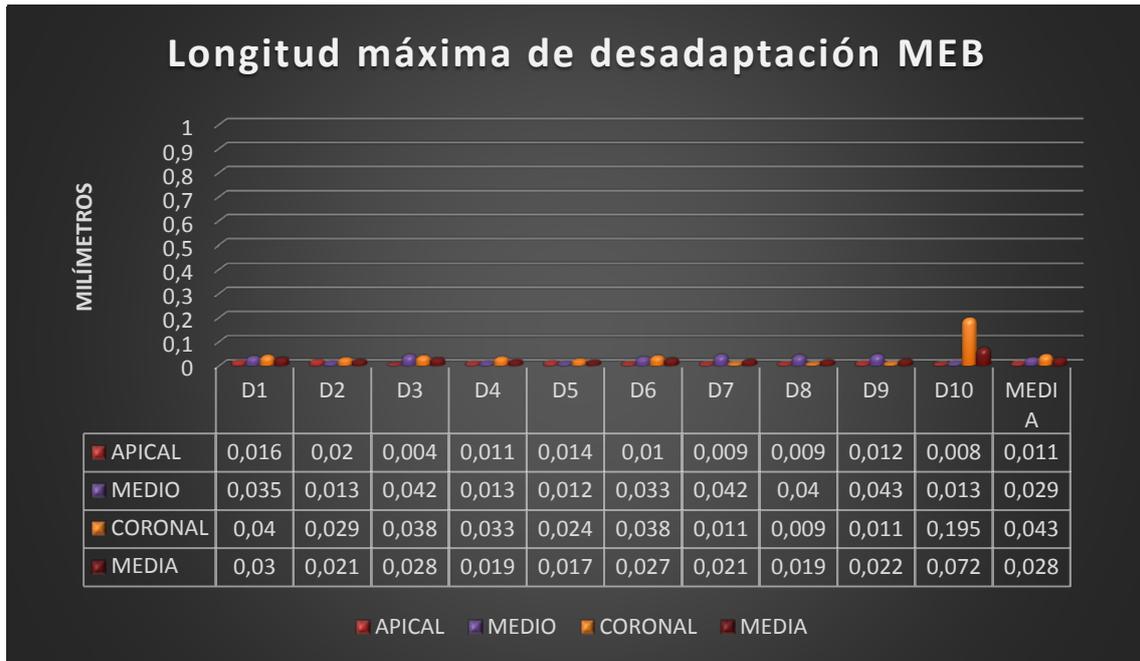


Figura 126. Longitud máxima de desadaptación.

Las siguientes imágenes muestran ejemplos de la desadaptación de los tres tercios estudiados (Figuras 127 a 129):

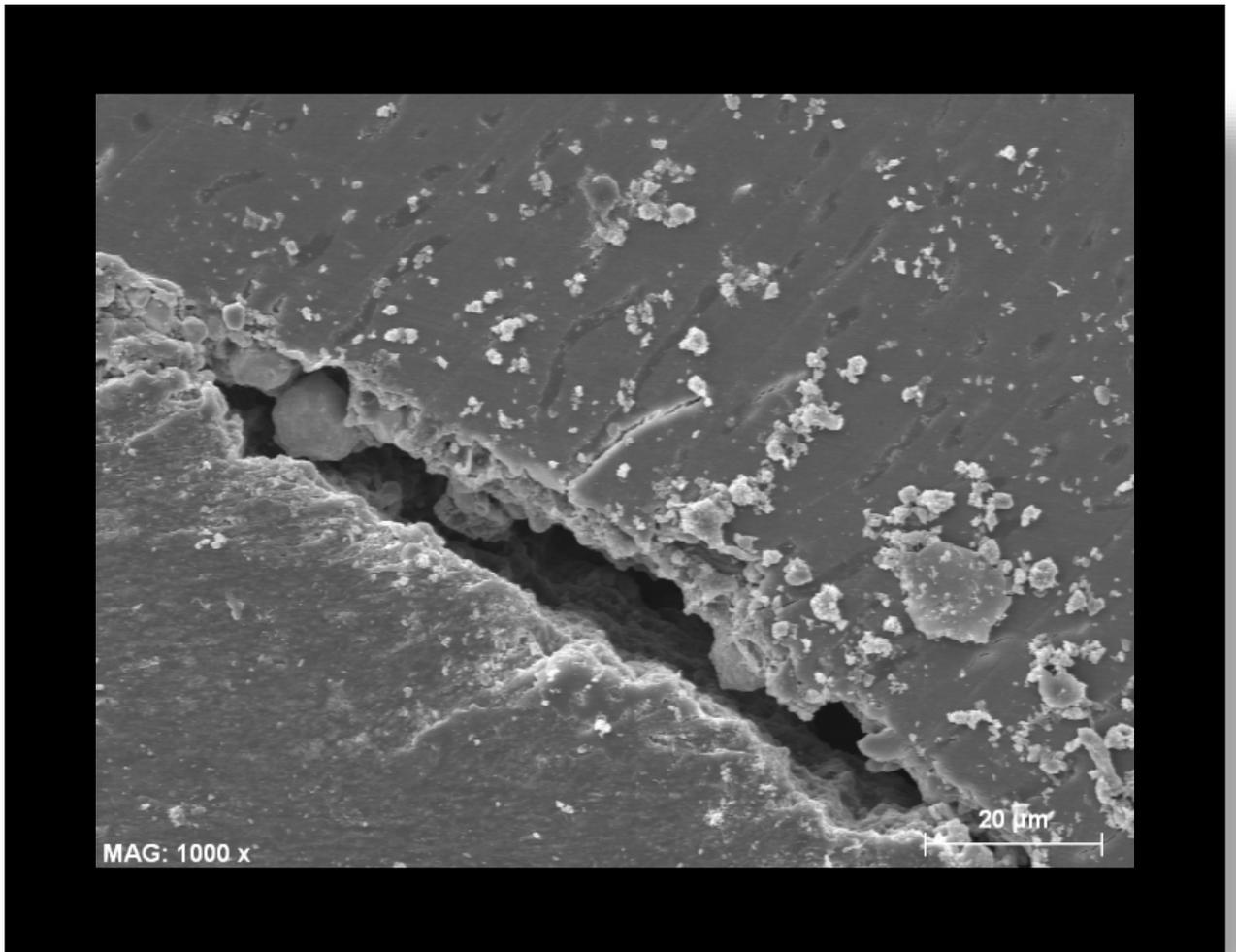


Figura 127. Tercio apical muestra D1.

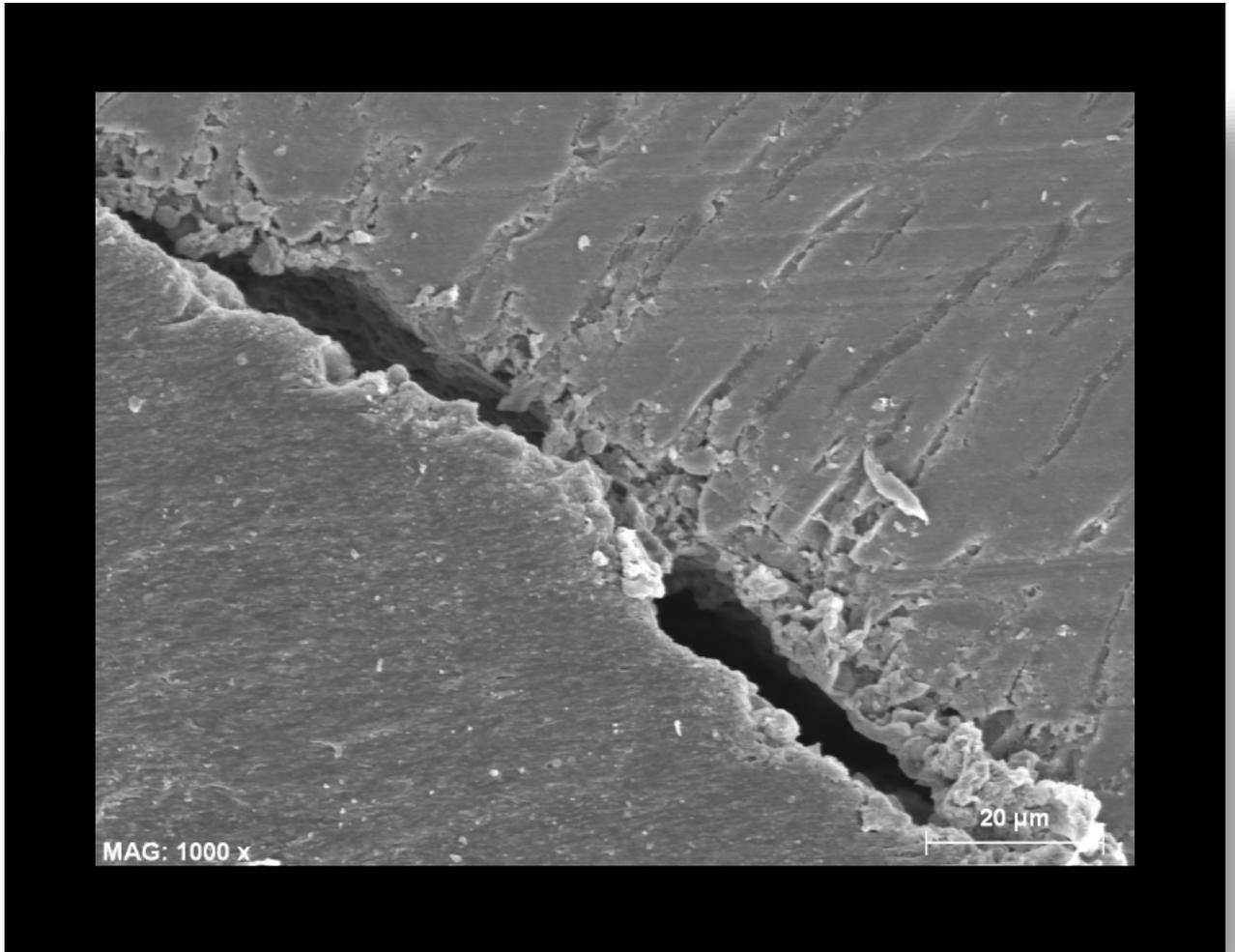


Figura 128. Tercio medio muestra D5.

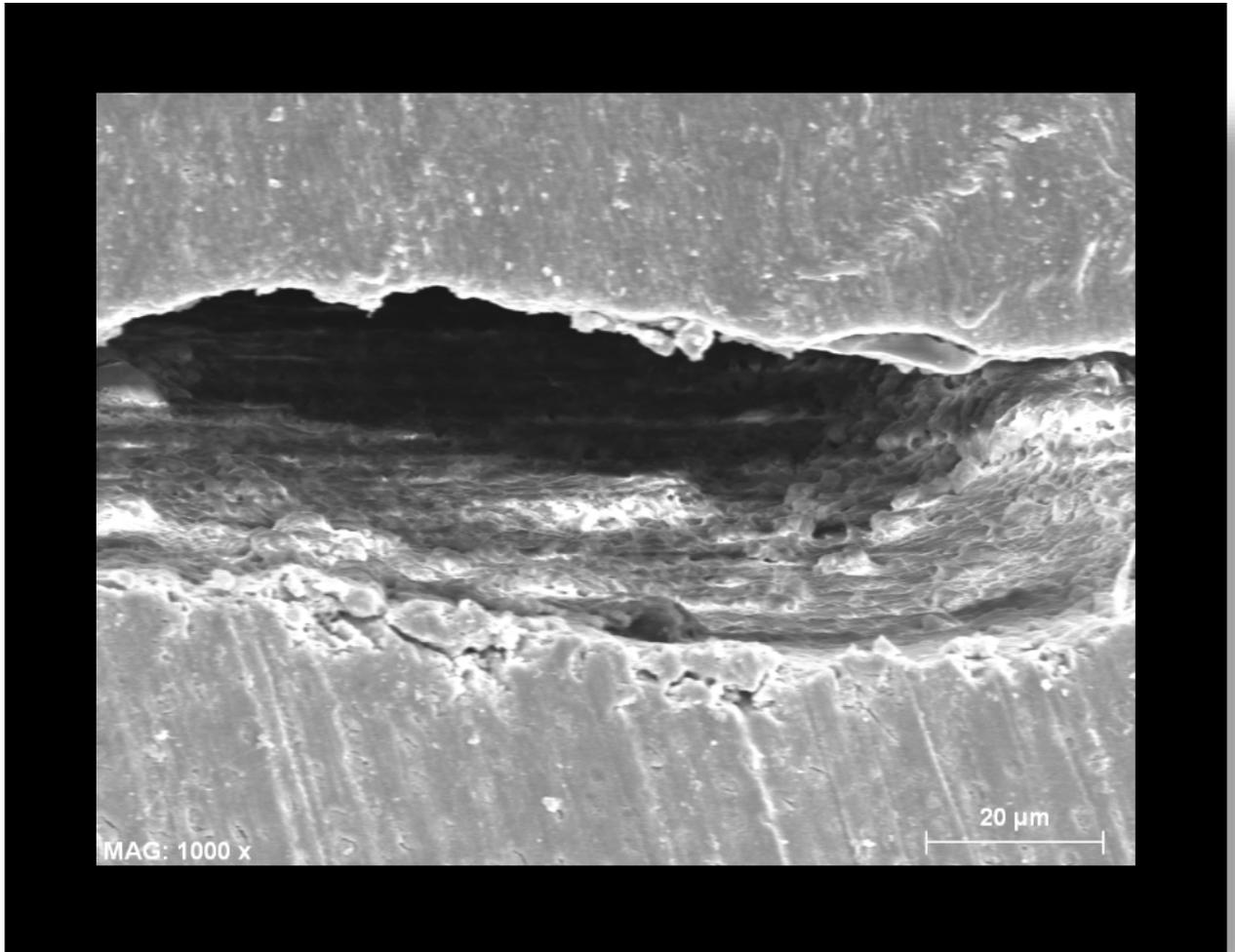


Figura 129. Tercio coronal muestra D6.

3.5.- Comparación entre grupos.

Después de la descripción de los datos obtenidos para cada grupo y para cada técnica de observación, a continuación (Tablas 17 a 20 y Figuras 130 a 137) se describen las comparaciones entre los distintos grupos y entre los tercios radiculares (apical, medio y coronal).

Adaptación MCLB (%)			
	Apical media(DE)	Medio media(DE)	Coronal media(DE)
Grupo A	53,17(21,8)	71,78(17,44)	65,54(22,25)
Grupo B	32,53(21,10)^a_{A,B}	69,17(23,08)_A	65,60(22,25)_B
Grupo C	51,10(23,38)_{A,B}	85,86(12,76)_A	79,75(21,82)_B
Grupo D	60,53(20,69)^a_{A,B}	82,29(13,40)_A	82,92(13,54)_B

Tabla 17. Adaptación con microscopio confocal láser de barrido.

Valores con la misma letra minúscula en el superíndice para cada variable en cada columna son significativamente diferentes.

Valores con la misma letra mayúscula en el subíndice en cada fila para cada grupo son significativamente diferentes.

Máxima penetración MCLB (mm)			
	Apical media(DE)	Medio media(DE)	Coronal media(DE)
Grupo A	,655_{AB}(,36)	1,21_A(,47)	1,45_B(,54)
Grupo B	,594_A(,50)	,74(,46)	1,11_A(,63)
Grupo C	,656_A(,40)	1,00(,21)	1,16_A(,43)
Grupo D	,911_A(,29)	,99(,30)	1,30_A(,45)

Tabla 18. Máxima penetración cemento con microscopio confocal láser.

Valores con la misma letra minúscula en el superíndice para cada variable en cada columna son significativamente diferentes.

Valores con la misma letra mayúscula en el subíndice en cada fila para cada grupo son significativamente diferentes.

3.- RESULTADOS: COMPARACIÓN ENTRE GRUPOS

Adaptación MEB (%)			
	Apical media(DE)	Medio media(DE)	Coronal media(DE)
Grupo A	91,24(8,88)	91,48^a(5,54)	78,92(21,50)
Grupo B	90,14_A(7,66)	59,98^{a,b,c}_{A,B}(20,76)	72,20_B(23,03)
Grupo C	95,26(2,52)	91,07^b(9,71)	87,28(9,12)
Grupo D	90,02(8,48)	86,30^c(11,19)	82,57(11,81)

Tabla 19. Adaptación con microscopio electrónico de barrido.

Valores con la misma letra minúscula en el superíndice para cada variable en cada columna son significativamente diferentes.

Valores con la misma letra mayúscula en el subíndice en cada fila para cada grupo son significativamente diferentes.

Máxima desadaptación MEB (mm)			
	Apical media(DE)	Medio media(DE)	Coronal media(DE)
Grupo A	,03^a(,02)	,071^{a,b}(,05)	,11(,17)
Grupo B	,04^b(,03)	,03^c(,03)	,05(,05)
Grupo C	,04(,05)	,01^{a,c,d}_A(,01)	,03_A(,01)
Grupo D	,01^{a,b}_{A,B}(,00)	,02^{b,d}_A(,01)	,04_B(,05)

Tabla 20. Máxima desadaptación con microscopio electrónico de barrido.

Valores con la misma letra minúscula en el superíndice para cada variable en cada columna son significativamente diferentes.

Valores con la misma letra mayúscula en el subíndice en cada fila para cada grupo son significativamente diferentes.

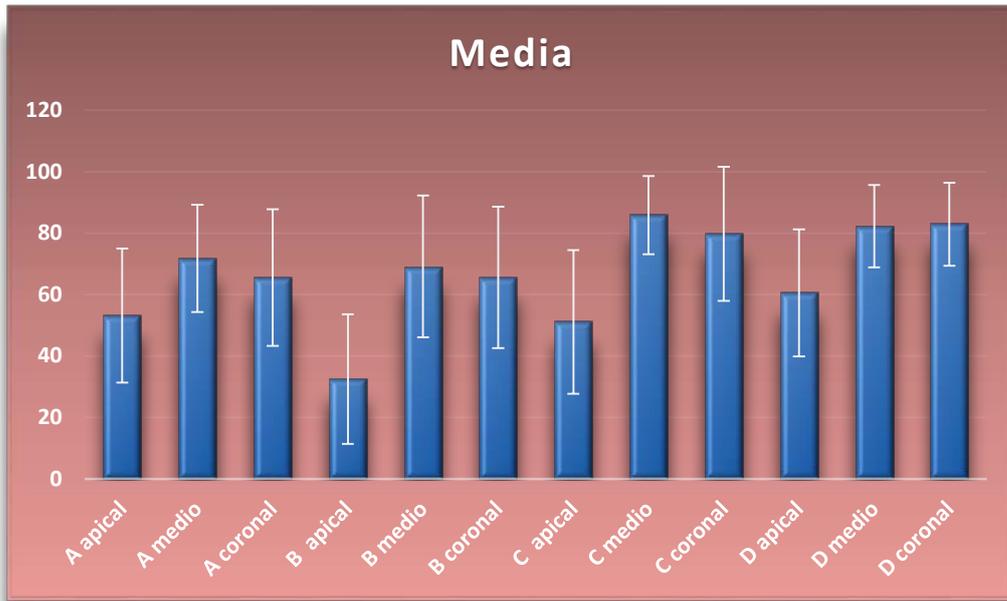


Figura 130. Adaptación con microscopio confocal láser de barrido.

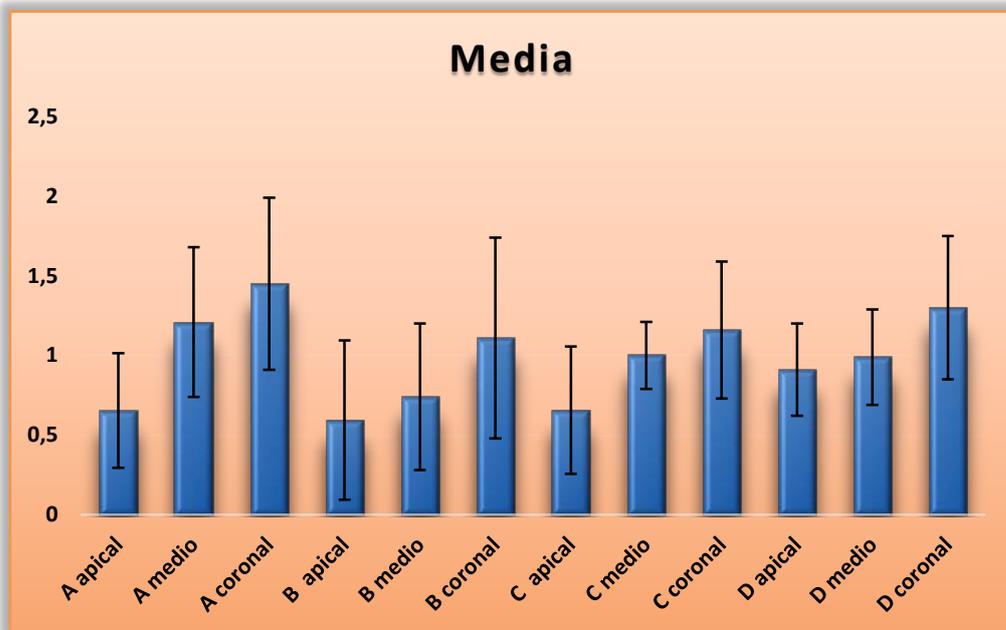


Figura 131. Máxima penetración con microscopio confocal láser de barrido.

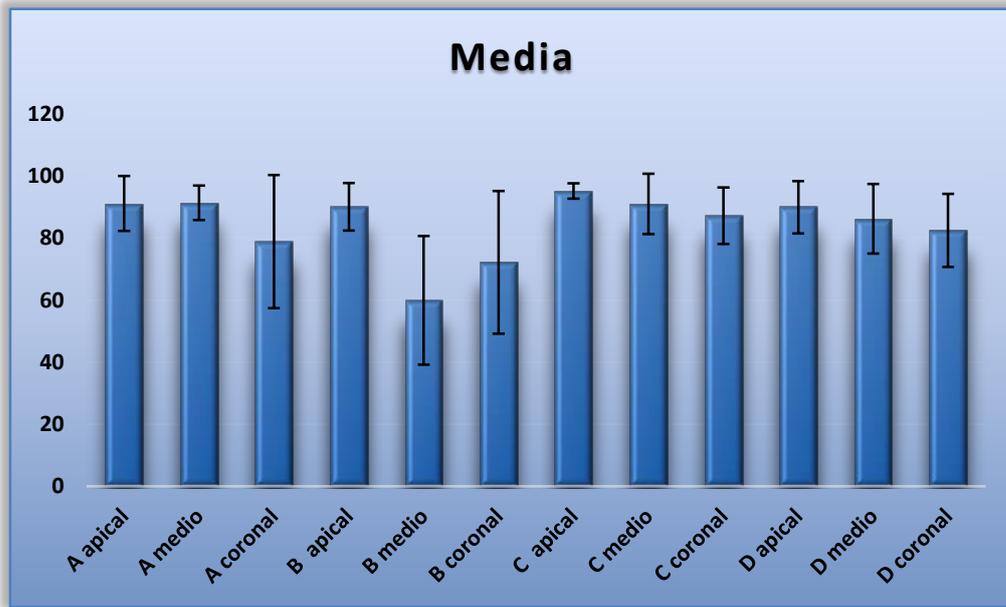


Figura 132. Adaptación con microscopio electrónico de barrido.

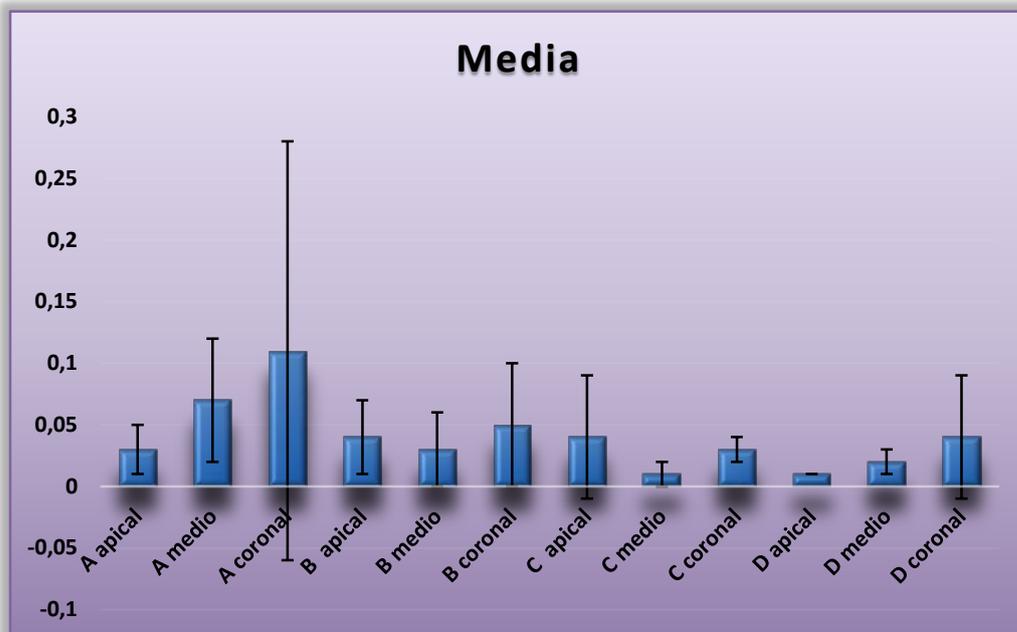


Figura 133. Máxima desadaptación con microscopio electrónico de barrido.

3.- RESULTADOS: COMPARACIÓN ENTRE GRUPOS

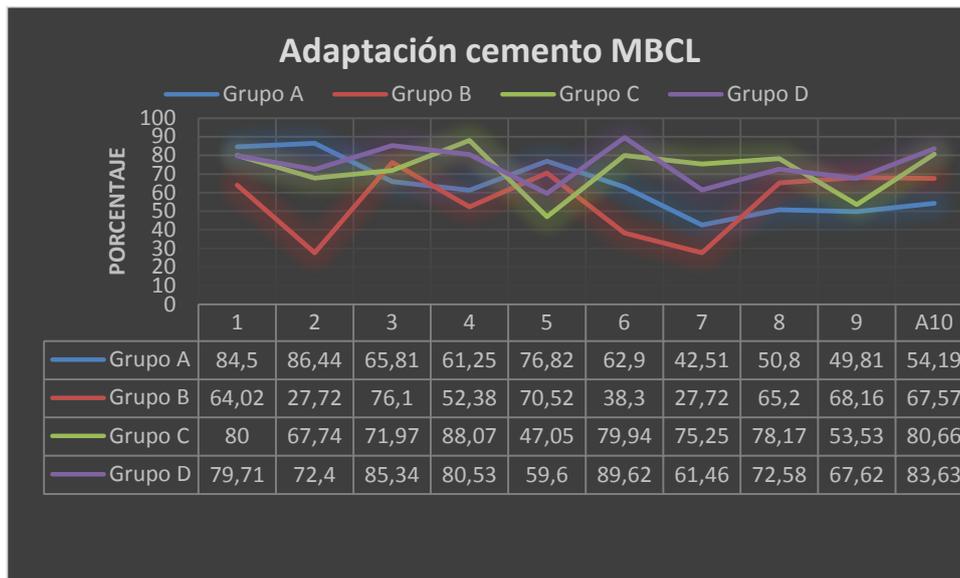


Figura 134. Medias de la adaptación de cada muestra con microscopio confocal láser de barrido.

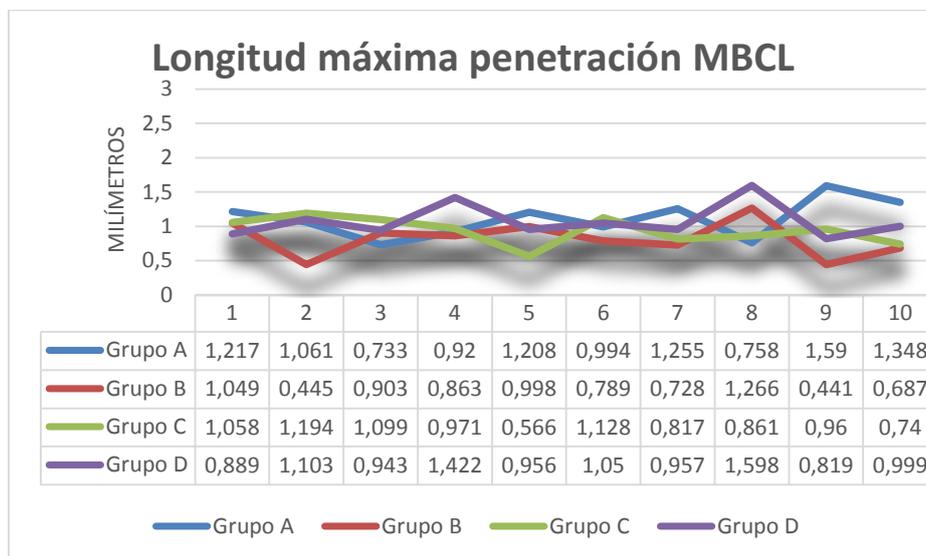


Figura 135. Media de la longitud máxima de penetración con microscopio confocal láser de barrido.

3.- RESULTADOS: COMPARACIÓN ENTRE GRUPOS

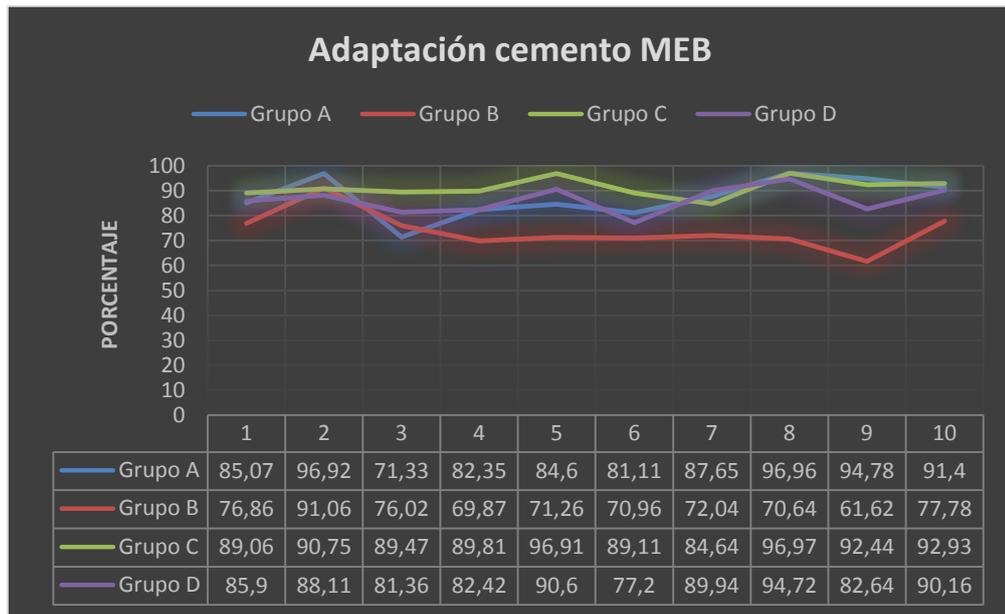


Figura 136. Medias de la adaptación con microscopio electrónico de barrido.

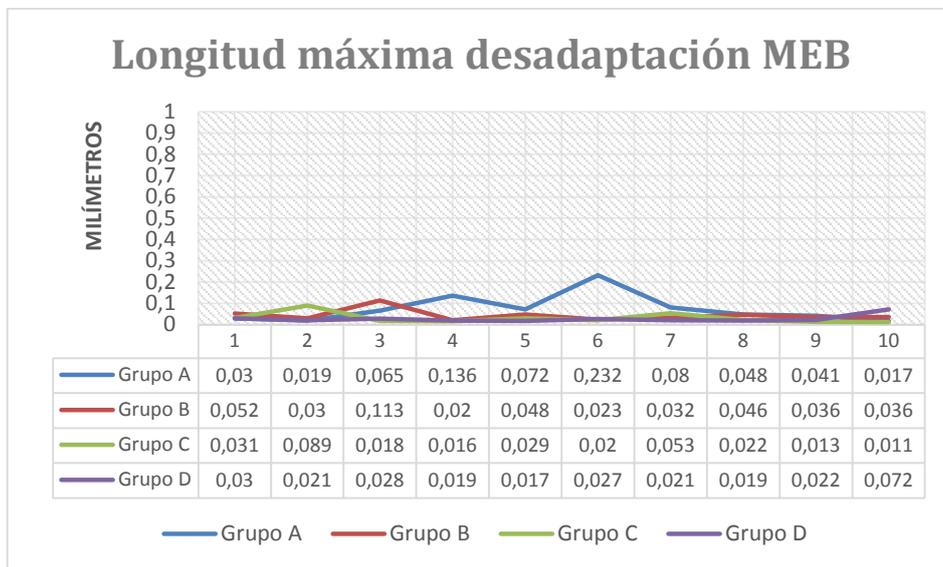


Figura 137. Medias de la longitud máxima de desadaptación con microscopio electrónico de barrido.

3.6.- Discusión.

3.6.1.- Sobre la metodología.

La utilización, en este estudio *in vitro*, de dientes humanos exodonciados recientemente se debió, fundamentalmente, a la simulación de condiciones lo más parecidas posibles a un estudio *in vivo*. Habitualmente, se usan dientes unirradiculares para comparar diferentes formas de instrumentar y obturar el conducto (Gençoglu *et al.*2002) y, desde un punto de vista de la metodología, la estandarización de las muestras es importante (Marciano *et al.* 2011). Otros motivos que llevaron a esta elección fueron: la facilidad para la obtención de muestras frescas para su inmediato almacenamiento y en óptimas condiciones, el cumplimiento de los criterios de inclusión descritos, la facilidad de conformación y obturación de los conductos al ser realizados extraoralmente, el bajo coste y la independencia del investigador para no depender de factores externos propios de cada paciente.

Los experimentos *in vitro* utilizados para ensayar diferentes técnicas endodóncicas y comparar materiales, son usados con asiduidad en diferentes estudios científicos. Las pruebas realizadas *in vivo*, cuando se usan materiales odontológicos, tienen la posibilidad de estar bajo la influencia de la propia habilidad del odontólogo, de las técnicas propias de cada material y de las condiciones multifactoriales de cada paciente. Con el uso de los métodos *in vitro*, puede haber un mejor control de los factores experimentales. Otras ventajas de la realización de pruebas *in vitro* son, según Beltes *et al.* (1995): simplicidad, reproductibilidad y buen coste-eficacia. No obstante, Weine (1997) afirmó que las condiciones *in vivo* consiguen unos resultados que simulan mejor las condiciones que cuando se hacen en bloques sintéticos de resina, porque, aunque estos están indicados para llevar a cabo el aprendizaje en profesionales con poca experiencia, tienen la clara desventaja de que no son capaces de simular las mismas condiciones que cuando se utilizan dientes humanos.

3.- DESARROLLO ARGUMENTAL: DISCUSIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA

Usando bloques de resina no se reproducen fielmente las condiciones de muestras reales debido a las diferencias existentes en su dureza, textura superficial y sección transversal (Peters, 2004).

Diversos tipos de estudios *in vitro*, como la difusión pasiva de tintas se han usado durante mucho tiempo como la técnica más utilizada en los estudios de filtración apical y que continúan utilizándose en la actualidad (Caragenç *et al*, 2006), no siendo esta una técnica actualmente aceptada para estudiar la adaptación de los materiales de obturación al conducto, tal como concluyó Wu y Wesselink, (1993). No existe un procedimiento de filtración radicular que sea universalmente aceptado. Por tanto fue una metodología que se rechazó para la realización de este estudio.

Para evitar la aparición de sesgos, tal como Bürklein *et al.* (2013a y b) afirmaron, la preparación de todos los conductos radiculares se debe hacer por el mismo operador para evitar variaciones en la técnica de preparación. Al igual que este, en otros estudios los conductos fueron instrumentados por un solo operador (Venturi *et al.* 2005; Schäfer *et al.* 2013; Yilmaz *et al.* 2009).

Después de la exodoncia de los dientes incluidos en este estudio, estos se almacenaron en suero fisiológico al 0,9% (Lipski 2004; Kandaswamy *et al.* 2009) y timol al 0,1% (Barbosa *et al.* 2009), además del efecto desinfectante de este último, el timol se usó para evitar la desecación (Hörsted-Bindslev *et al.* 2007). Otros métodos de almacenamiento de dientes humanos utilizados en diversos artículos fueron: una solución de cloramina al 0,5% a 4° (Huybrechts *et al.* 2009; Yilmaz *et al.* 2009) o formalina al 10% (Metzger *et al.* 2010; Zmener *et al.* 2005; Nagaraja y Murthy 2010).

Posteriormente, siguiendo el estudio de Barbosa *et al.* (2009) se lavaron con agua corriente durante 24 horas para eliminar los restos de esta sustancia.

La sección de la corona se realizó por debajo de la línea amelocementaria para ajustar la longitud de todas las muestras a una longitud normalizada de 15 mm (Yilmaz *et al.* 2009). En otro estudio, la corona del diente se eliminó y la longitud de trabajo se estableció en 12 mm (Villegas *et al.* 2005). Por consiguiente, se esperaron igualdad de condiciones en todas las muestras estudiadas, tanto en

la conformación como en la posterior obturación, siendo solo factores diferenciadores, después de unos estrictos criterios de inclusión, las variaciones anatómicas propias de cada diente. Collins *et al.* (2006) en su trabajo utilizaron incisivos centrales maxilares humanos exodonciados incluidos en resina acrílica transparente justo por debajo de la unión cemento-adamantina. Siguiendo con los criterios de inclusión, en referencia a la curvatura se seleccionaron raíces rectas o con curvatura moderada menor de 10° , según la técnica de Schneider (1971). En el trabajo de Nagaraja y Murthy (2010) también se siguieron los criterios descritos por Schneider, con la diferencia de que los ángulos de curvatura oscilaron entre 10° y 20° . Las muestras seleccionadas mostraron la morfología interna de tipo I de Wein, con un solo conducto radicular; para confirmar esto se realizaron radiografías a una distancia constante, con los tipos de proyecciones descritos por Metzger *et al.* (2010), Yilmaz *et al.* (2009) y Hörsted-Bindslev *et al.* (2007) en sus trabajos: una proyección vestibulo-palatina y otra mesio-distal. Según este último autor el motivo de su realización fue descartar la posibilidad de dientes con dos conductos radiculares. Schäfer *et al.* (2013) idearon un soporte para mantener la posición del haz de rayos constante, para ello los dientes se situaron en un montaje radiográfico hecho de material de impresión a base de silicona, aunque este soporte no fue necesario en nuestro estudio debido que las radiografías se realizaron en un aparato de rayos con una posición fija. Las radiografías clínicas son mínimamente invasivas y éticamente aceptables para evaluar la calidad del tratamiento de obturación radicular. Por tanto, la evaluación cuidadosa del sistema de conductos radiculares basado en radiografías de alta calidad es un requisito previo para todas las fases del tratamiento del conducto radicular, incluida la evaluación de la calidad del tratamiento (Lavelle 1999; Wallace *et al.* 2001; Sogur *et al.* 2007). Se llevó a cabo la búsqueda de fisuras examinándolos con un estereomicroscopio a 40 aumentos (Lipski 2004; Lipski, 2005a; Yilmaz *et al.* 2009;) y con transiluminación. Los dientes con fracturas, grietas o algún otro defecto fueron excluidos del estudio (Kandaswamy *et al.* 2009).

El uso de la magnificación se realizó en todo momento en las fases de limpieza, conformación y obturación, mediante el uso de un microscopio quirúrgico (Brackett *et al.* 2006), lo que aumentó la precisión y redujo en mayor medida los

errores. En otro estudio, los conductos fueron instrumentados con una magnificación mediante lupas (Venturi *et al.* 2005), siendo un método más manejable, al ser posicionadas en los ojos, pero con una magnificación de menor aumento y de menor calidad que con el uso de un microscopio quirúrgico. Por lo tanto, ha quedado establecido que la visualización del campo de trabajo representa un aspecto importante durante las fases operatorias (De Mello Junior *et al.* 2009).

El cálculo de la longitud de trabajo se realizó con una lima C+® del tamaño 10, aunque el tipo de lima usada en la inmensa mayoría de estudios fue una lima K nº 10 y en algún caso de otro tipo. Cuando se hizo visible la punta a través del foramen apical, a la medida obtenida se le sustrajo 1 mm, para determinar la longitud de trabajo correcta (Nelson *et al.* 2000; Abarca *et al.* 2001; Robinson, 2004; Vizgirda *et al.* 2004; Lipski, 2004; Gesi *et al.* 2005; El Ayouti, 2005; Lea *et al.* 2004; Lipski, 2005 a y b; Tay *et al.* 2005; Zmener *et al.* 2005; Biggs *et al.* 2006; Sagsen *et al.* 2006; Baumgartner *et al.* 2007; Karr *et al.* 2007; Barbosa *et al.* 2009; Herbert *et al.* 2009; Williamson *et al.* 2009; Bhatti *et al.* 2010; Kuga *et al.* 2010; Nagaraja y Murthy 2010; Endal *et al.* 2011). Otros autores, adicionalmente a este método, realizaron la permeabilización con una lima K nº 15 (Vizgirda *et al.* 2004; Nagaraja y Murthy 2010). Gordon J. *et al.* (2005), Brackett *et al.* (2006), Collins *et al.* (2006), Yelton *et al.* (2007) y Marciano *et al.* (2011) hicieron una modificación de la técnica, sustrayendo 0,5 mm a la longitud obtenida cuando la lima sobrepasó el ápice.

En este estudio la permeabilización apical se llevó a cabo con limas C+® del tamaño 08 y 10 (fabricadas en acero inoxidable endurecidas al carbono) con el fin de ensanchar lo mínimo el límite conducto-dentina-cemento. Mediante estas limas se sobrepasó la longitud de trabajo de cada conducto en 1 mm, como en los estudios de Zmener *et al.* (2005), Villegas *et al.* (2004) y Lea *et al.* 2004) para eliminar los posibles restos dentinarios presentes tras la conformación del conducto y extrusión apical. Por el contrario, un tamaño de lima K del nº 15 se utilizó para permeabilizar el conducto antes de cada obturación (Villegas *et al.* 2004). Posteriormente, se utilizaron las limas ProGlider® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) con el fin de aumentar la permeabilidad de los conductos, como paso previo a la instrumentación mecánica rotatoria. Estas, al tener un

diámetro estrecho equivalente a un tamaño ISO 16 y estar confeccionadas en una aleación de níquel-titanio reforzada con un tratamiento térmico (aleación M-Wire) permitieron conformar un camino suave y regular de todo el conducto, evitando la creación de escalones o deformaciones del conducto mediante el uso de limas manuales.

Con cada una de las limas se conformaron un máximo de 4 conductos radiculares (Bürklein *et al.* 2012; Bürklein *et al.* 2013a). Durante y después del uso de cada instrumento las limas fueron examinadas para descartar deformaciones y/o fractura (Kim *et al.* 2013). Plotino y Grande (2006) examinaron la fatiga cíclica producida en las limas Mtwo, llegando a la conclusión que presentan fatiga incluso cuando son retiradas después de una utilización de forma controlada Grande *et al.* (2006) demostraron que un tipo de lima de níquel-titanio, como es Mtwo, se pudo usar satisfactoriamente mediante movimientos de cepillado en canales ovals más de diez veces; por el contrario, Inan y Gonulol (2009) tuvieron muchas deformaciones con las limas Mtwo, llegando a considerarlas de un solo uso debido a la fatiga cíclica que sufrieron.

Roane (1985) describió la técnica de las fuerzas balanceadas, en la que volvió a introducir los movimientos de rotación de las limas para preparar los conductos, mediante la modificación de la punta para hacerla inactiva (Rodríguez-Ponce *et al.* 2003). Walia *et al.* (1988) al final de la década de los 80 propusieron el uso del nitinol para la fabricación de limas manuales endodóncicas, ya que las que había disponibles en aquel momento se fabricaban en acero inoxidable. Estas limas tenían dos o tres veces más flexibilidad que las limas de acero inoxidable y mayor resistencia a la fractura. En varias investigaciones se demostró la capacidad de algunos sistemas rotatorios confeccionados en aleación de níquel-titanio para mantener la curvatura original del conducto (Versumer *et al.* 2002; Hulsmann *et al.* 2003; Paque *et al.* 2005). La conformación del conducto con limas rotatorias de níquel-titanio pudo mejorar el ajuste o adaptación entre la pared del conducto y la gutapercha, porque las limas de níquel-titanio tienen la posibilidad de realizar un menor ensanchamiento y enderezamiento de la curva en el caso de conductos curvos en comparación con las limas fabricadas en acero inoxidable (Pérez *et al.* 2005). La limpieza y conformación se considera una fase fundamental porque es donde se producen un mayor número de

accidentes (Cohen y Burns, 1999; Weine *et al*, 1975). También Zabalegui (1990) consideró que es fundamental para el éxito del tratamiento de conductos una correcta preparación biomecánica, que permitiría un sellado tridimensional del conducto de forma definitiva.

La mayoría de los sistemas de limas rotatorias actuales, incluidos los usados en este estudio, están diseñados para la conformación de los conductos en sentido corono-apical, lo que permite la eliminación de las interferencias presentes en los tercios coronal y medio, facilitando el acceso a la porción más apical del conducto, disminuyendo el riesgo de cometer errores de procedimiento a este nivel (Schäfer *et al*, 2006a y b). En cuanto a la sección transversal, Schäfer y Oitzinger (2008) concluyeron en una investigación con diferentes sistemas de limas rotatorias, que ésta pareció ser un parámetro más importante, en referencia a la capacidad para cortar dentina, que el tratamiento de superficie al que fue sometido.

Entre las ventajas del uso de limas con movimiento alternante, diversos estudios demostraron que el uso de un instrumento con movimiento alternante presentó una disminución en la fatiga cíclica en comparación con la rotación alternante (You *et al*. 2010; Varela-Patiño *et al*. 2010), además de la rapidez de conformación, curva de aprendizaje corta y comodidad. Sin embargo, también presentan inconvenientes como son la fractura durante la rotación y el alto coste (Jin *et al*. 2013). La fractura se origina por el estrés torsional producido habitualmente por la menor sección transversal del conducto que la que posee la punta de la lima y se ha denominado típicamente el fenómeno *taper-lock* (De-Deus *et al*. 2013). Otro inconveniente sería que el uso de sistemas de conformación de níquel-titanio, requiere utilizar múltiples limas con diferentes conicidades y longitudes, que, como inconveniente añadido, suponen realizar un complejo procedimiento para el profesional principiante (Jin *et al*. 2013). Debido a estos inconvenientes, Yared (2008) fue el primero que probó el uso de una lima única rotatoria mediante una técnica de conformación alternante. Este procedimiento lo llevó a cabo con una lima ProTaper del tamaño F2 siguiendo una dirección de corte en el sentido de las agujas del reloj y una liberación en dirección contraria.

3.- DESARROLLO ARGUMENTAL: DISCUSIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA

Por los motivos nombrados anteriormente, en el presente estudio se utilizaron sistemas de preparación rotatoria de los conductos basados en la técnica de “lima única”, siendo de rotación continua One Shape, fabricada en aleación de níquel-titanio, de movimiento alternante Reciproc y WaveOne, fabricadas en aleación de níquel-titanio M-Wire, y limas manuales K-Flexofile fabricadas en acero inoxidable por torsión. En la técnica de movimiento alternante, el instrumento es impulsado en primer lugar en una dirección de corte en sentido antihorario y posteriormente se produce un giro en sentido horario para liberar el instrumento dentro del conducto completando una rotación de 360° con tres movimientos alternantes.

La lima Reciproc seleccionada en este estudio fue la R25. Estas disponen de punta no activa y la sección transversal es en forma de S con dos puntos de contacto, los espacios a los lados de los filos le sirven para evacuar dentina hacia el exterior. La lima WaveOne seleccionada fue del tamaño Primary, ya que puede preservar la anatomía del conducto radicular sin ayuda de otras limas para crear una vía de deslizamiento (Berutti *et al.* 2012). En nuestro estudio sí que se realizó una vía de deslizamiento a través del conducto, con las limas ya citadas. La tercera lima única, pero de rotación continua, fue One Shape. El grupo de limas manuales, que al mismo tiempo formaron el grupo control, fueron K-Flexofile. Se caracterizan por presentar una punta de Batt de 55° no cortante con el extremo redondeado y punta de 75° para instrumentos de tamaño ISO 55 y superiores. La sección transversal es triangular para tamaños de lima ISO 15 y superiores, para tamaños más pequeños la sección es cuadrada. El procedimiento de instrumentación seguido en las limas K-Flexofile fue la técnica ápico-coronal o escalonada. El objetivo de esta técnica fue dejar la preparación del ápice del menor tamaño posible y con una forma de llama que aumentó su tamaño conforme se acercaba a la porción coronal. También la preparación apical una vez terminada debió quedar en la antigua posición o cerca de la anatomía del conducto original (Walton y Torabinejad, 1997).

El primer irrigante usado fue ClONa al 5,25%, concentración usada por Kandaswamy *et al.* (2009 y Barbosa *et al.* (2009), que tiene la capacidad de disolver los tejidos orgánicos correspondientes al tejido pulpar con la finalidad de obtener con la obturación endodóncica un contacto íntimo entre los materiales

3.- DESARROLLO ARGUMENTAL: DISCUSIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA

de obturación y las paredes del conducto radicular. Otro de los efectos fundamentales del ClONa en la terapia endodóncica fue el antibacteriano, en este estudio no se consideró debido a las características propias de un estudio *in vitro* como este. Otro de los motivos para su uso fue la relación coste-eficacia. De acuerdo con este criterio, Spanberg *et al.* (1973) y Turkun y Çengiz (1997) afirmaron que la solución de ClONa podría ser el mejor irrigante del conducto disponible por sus buenos efectos antibacterianos y disolvente de los tejidos orgánicos. Como crítica a esta solución irrigante hay que decir que no es posible retirar el barrillo dentinario con él (Grandini *et al.* 2002; Guerisoli *et al.* 2002). Spano *et al.* (2001) observaron que el ClONa al 5 % disolvió los tejidos necróticos con mayor rapidez que cuando se presentó a una concentración del 2,5%. En dos estudios independientes los autores tuvieron una opinión distinta, llegando a la conclusión que la concentración de ClONa no fue tan importante como el cambio continuo del irrigante y su uso en mayores cantidades significativas (Baumgartner y Cuenin 1992; Siqueira *et al.* 2000). Por todo lo afirmado, en este estudio se decidió usar el porcentaje de concentración de ClONa al 5,25% con un gran volumen de irrigación de 30 ml para cada conducto limado, y con un cambio constante del irrigante realizado lentamente, de esta forma se pudo simular con mayor detalle las condiciones *in vivo*. Autores como Nagaraja y Murthy (2010) y Endal *et al.* (2011) utilizaron como en el presente estudio, 2 ml de ClONa al 5,25% entre instrumentación, sin embargo Metzger *et al.* (2010) usaron una concentración de ClONa al 3% con un volumen de 5 ml entre cada instrumento, Yilmaz *et al.* (2009) y Schäfer *et al.* (2013) irrigaron el conducto con ClONa al 2,5%.

Cuando se hubo terminado la irrigación con ClONa se hizo un enjuague con suero salino usando jeringas de plástico desechables y agujas de calibre 30 (Zmener *et al.* 2005). El motivo de usar suero salino fue para limpiar los restos de ClONa.

Con la finalidad de poder retirar el barrillo dentinario presente en las paredes y el interior de los túbulos dentinarios se realizó la irrigación con Ultradent® EDTA 18%. La Asociación Americana de Endodoncistas en 1998 definió el barrillo dentinario como una película creada en la superficie con un grosor aproximado 1-2 micras; siendo fundamentalmente inorgánico, y formado cuando se procede

a instrumentar un conducto (Grandini *et al.* 2002). En los tratamientos endodóncicos realizados, todavía se cuestiona el efecto del barrillo dentinario en los resultados del tratamiento, aun así se consideró deseable su eliminación por sus potenciales efectos nocivos (Lim *et al.* 2003). Este mismo investigador afirmó que el uso de EDTA en forma de gel combinado con CIONa fue eficaz en la eliminación del barrillo dentinario que se produce durante la conformación de los conductos. En otro estudio de Cobankara *et al.* (2004) donde no se eliminó el barrillo dentinario, se mostró una mayor filtración de manera significativa. En cambio, sí que se tuvo en cuenta en este trabajo la ventaja del uso del Ultradent® EDTA 18% en un volumen de 3 ml durante 2 minutos al tener propiedades quelantes, lo que provocó una limpieza de las paredes y túbulos dentinarios. El efecto que provocó en los túbulos dejó vacía su luz, provocando una mayor penetración del cemento endodóncico mezclado con la Rodamina B visible al microscopio de barrido confocal láser y una mayor adhesión a las paredes dentinarias (Kouvas *et al.* 1998). Esta adhesión pudo evitar el despegamiento del cemento y la correspondiente desadaptación durante su reacción de polimerización o durante la manipulación de las muestras en alguna de las diferentes fases del estudio.

En el artículo de Huybrechts *et al.* (2009), así como en nuestro estudio, el uso de irrigación ultrasónica pasiva en combinación con CIONa y del Ultradent® EDTA 18% aumentó el efecto de estos. Se utilizó un aparato de ultrasonidos VDW.ULTRA® *ad hoc*, con las limas Irrisafe 25/25 mm insertadas a 2 mm de la longitud de trabajo. Durante la activación del CIONa se realizaron 3 ciclos de 20 segundos y se intercaló con 2 ml de CIONa, lo que permitió su penetración dentro de los túbulos dentinarios, eliminando la materia orgánica del interior y dejándolos huecos. Posteriormente al activar el Ultradent® EDTA 18%, se aplicó de nuevo el ultrasonidos con 1 ciclo de 20 segundos y eliminó la materia inorgánica como detritus y barrillo dentinario (Huybrechts *et al.* 2009). Las agujas de irrigación utilizadas Endoneedle® tuvieron un calibre 30 que permitió la penetración a 1 mm menos de la longitud de trabajo (Endal *et al.* 2011; Schäfer *et al.* 2013), con punta roma para evitar el enclavamiento en la dentina y salida lateral favoreciendo un flujo interior del irrigante en varias direcciones para llegar a mayores zonas del conducto y sobre todo para evitar provocar extrusión apical.

3.- DESARROLLO ARGUMENTAL: DISCUSIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA

A pesar del protocolo de irrigación usado, la eliminación bacteriana del sistema de conductos radiculares no siempre se consigue con la instrumentación y los irrigantes usados, debido a la complejidad anatómica y las limitaciones para acceder al espacio endodóncico (Kandaswamy *et al.* 2010).

Aunque ningún sellador, actualmente, cumple todas las propiedades ideales descritas para un cemento sellador (Grossman, 1976 y 1988; Ingle, 1996), se seleccionó el AH Plus, ya que se considera el prototipo debido a su uso en múltiples estudios y a sus propiedades más que satisfactorias. En la mezcla se añadió la Rodamina B al 0,1% en solución acuosa para poder visualizarla posteriormente con el microscopio confocal láser (Kok *et al.* 2012). Se aplicó una fina capa de sellador distribuido uniformemente por las paredes del conducto, con una punta de papel, tal como varios autores realizaron en sus trabajos (Abarca *et al.* 2001; Mahera *et al.* 2009; Endal *et al.* 2011), de conicidad adaptada a cada sistema de limas utilizado. Una vez terminada la obturación, el sellador se dejó fraguar durante 7 días a 37 ° y 100% de humedad (Metzger *et al.* 2010; Anantula y Ganta, 2011; Tasdemir *et al.* 2009a), en cambio en otros estudios se dejó fraguar el cemento durante 14 días (Dadresanfar *et al.* 2010; Kok *et al.* 2012; Schäfer *et al.* 2013).

El material más usado actualmente para la obturación del sistema de conductos es la gutapercha (Johnson y Gutmann, 2006). La gutapercha se describe como compresible, estable dimensionalmente, baja toxicidad, inerte y con la menor irritación producida en los tejidos perirradiculares (Pascon y Spangberg, 1990). Las funciones que debe cumplir una obturación en endodoncia son: aislar los restos bacterianos que quedan durante las fases del procedimiento, evitar la filtración de los fluidos del ápice y actuar como una barrera para evitar la reinfeción (Sjogren *et al.*, 1997).

Para obturar con gutapercha inyectada se utilizó el sistema BeeFill 2 in 1[®], formado por el dispositivo inyección de gutapercha termoplastificada y una fuente de calor para realizar la condensación vertical. La técnica de obturación utilizada fue la condensación lateral modificada con gutapercha inyectada -CLMI- (Luzi *et al.* 2009; Martínez *et al.* 2010; Marcos *et al.* 2011; Almenar *et al.* 2015). Ésta técnica es una combinación entre la condensación lateral estándar

3.- DESARROLLO ARGUMENTAL: DISCUSIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA

(Hörsted-Bindslev *et al.* 2007; Collins *et al.* 2006; Hammad *et al.* 2009) considerada la técnica más usada históricamente y la técnica de condensación de la “onda continua”, esta última descrita por Buchanan (1994). La condensación vertical de gutapercha caliente, usando la técnica de la onda continua, puede aumentar la densidad de la masa de gutapercha y la homogeneidad en obturaciones previas con condensación lateral fría (Lea *et al.*, 2004). Además, esta técnica ha mostrado una mayor capacidad de fluidez dentro de las irregularidades de los conductos (Goldberg *et al.*, 2001; Clinton y Van Himel, 2001). La técnica CLMI recoge las ventajas de la condensación lateral estándar, como Peng *et al.* (2007) describió, la colocación controlada de la gutapercha y el bajo coste. Se compone de un gran número de conos de gutapercha unidos por presión de condensación y cemento de obturación formando una masa homogénea de gutapercha. Este autor también afirmó que una obturación será incorrecta cuando el espacio entre los conos de gutapercha y las paredes del conducto radicular puedan verse por una mala preparación del conducto, conductos curvos, presión lateral inadecuada durante la condensación o desajustes entre los conos de gutapercha y el conducto (Peng *et al.* 2007). Con la presencia de espacios y huecos en la obturación el resultado sería la falta de homogeneidad, teniendo la dependencia del cemento para producir un sellado en los espacios entre las puntas, lo que daría un peor pronóstico (Peters, 1986; Wollard *et al.*, 1976). Marlin *et al.* (1981) añadió que además de tener la ventaja de la inserción controlada de la gutapercha en el conducto, el procedimiento requiere más tiempo. Otros autores, que se mostraron a favor de la condensación lateral dijeron que la condensación lateral de gutapercha fría está muy extendida mundialmente, por las ventajas de una inserción controlada de los conos de gutapercha en el conducto y el poco coste económico (Levitan *et al.*, 2003; Dummer *et al.*, 1994). En otro estudio *in vivo* se defendió la técnica del cono único por su rapidez y facilidad en comparación con la condensación lateral, mostrando los resultados que no hubo diferencia significativa en los resultados de tratamiento entre las dos técnicas después de 6 a 18 meses (Friedman *et al.*, 1995). Tampoco tuvo diferencias Kardon *et al.* (2003) entre la obturación con cono único y condensación caliente vertical.

3.- DESARROLLO ARGUMENTAL: DISCUSIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA

Las ventajas de la condensación vertical con gutapercha caliente ofrece alta densidad a la obturación y mejor sellado en el ápice, siendo más efectiva en la obturación de conductos laterales (Peng *et al.* 2007). Varios artículos publicados concluyeron que esta técnica mostró una mayor fluidez en las irregularidades de los conductos (Goldberg *et al.*, 2001; Clinton y Van Himel, 2001; Reader *et al.*, 1993). La desventaja en la práctica clínica es que la profundidad de obturación es difícil de controlar, la inserción rápida de gutapercha se relaciona con sobreobturación y la inserción lenta tiende a infraobturar (Peng *et al.* 2007). Con un análisis microscópico y pruebas clínicas se llegó a la conclusión que la consecución de una obturación en las mejores condiciones se alcanzó al conformar y posteriormente obturar los conductos a una distancia de 0,5 a 2 mm del ápice (Schaeffer *et al.* 2005; Stein 1992). En los dientes obturados con un sellado lateral incorrecto o con una longitud de obturación incorrecta se obtuvieron más frecuencia obturaciones inadecuadas y presentaron una mayor frecuencia de lesiones periapicales que en los dientes donde se realizó un correcto tratamiento de conductos (Boucher *et al.*, 2002; Segura-Egea *et al.*, 2004).

Por todos estos argumentos realizamos la técnica de obturación CLMI. Muchos estudios se han realizado con el uso de la gutapercha inyectada destacando sus ventajas como el sistema Obtura II de Lea *et al.* (2004). Collins *et al.* (2006), Villegas *et al.* (2005) y Barbosa *et al.* (2009) utilizaron el System B y el relleno con Obtura II para realizar la técnica de la onda continua, pero a diferencia de nuestro estudio, los dispositivos son independientes. Por este motivo, y para evaluar su capacidad de obturar se utilizó en este estudio la gutapercha inyectada. La última prueba se basó en observar el grado de adaptación y proximidad al ápice con una radiografía intraoral. Una vez realizadas estas pruebas se introdujo de nuevo la gutapercha apical maestra recubierta por una capa de cemento endodónico (Kandaswamy *et al.* 2009; Hörsted-Bindslev *et al.* 2007), realizando un movimiento de entrada y salida dos veces, para comprobar el total recubrimiento de la superficie del cono de gutapercha con cemento y de las paredes del conducto radicular. Al introducirlo finalmente a la longitud de trabajo, se rotó 180°, también para asegurar un completo humedecimiento del cono y de las paredes (Brackett *et al.* 2006). La obturación se consideró completa

3.- DESARROLLO ARGUMENTAL: DISCUSIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA

cuando el condensador no pudo penetrar más de 3 mm dentro de la masa de gutapercha (Nelson *et al.* 2000). Considerando en estos dos artículos, Michanowicz *et al.* (1989) y Leduc y Fishelberg (2003), que cuando se realiza una obturación, debe de estar bien condensada, debe de sellar todos los conductos principales con el periodonto, conseguir una adaptación correcta al conducto instrumentado y terminar en la constricción apical. Incluso realizando todo el procedimiento correctamente, Molander *et al.* (1998) encontraron frecuentemente cepas de *Enterococcus faecalis* en conductos radiculares obturados, los cuales podrían hacer fracasar el tratamiento de conductos (Nair, 2004).

La realización de radiografías en dirección vestíbulo-lingual y mesio-distal se hizo para confirmar la obturación completa de los conductos radiculares (Yilmaz *et al.* 2009; Kuga *et al.* 2010; Dadresanfar *et al.* 2010) a una distancia constante para todas las muestras, mediante un aparato de rayos X intraoral y un captador de radiografías intraorales fijos dentro de un armario plomado.

En este estudio al igual que en el de Schäfer *et al.* (2013), Bürklein *et al.* (2013b) y Zmener *et al.* (2005) se introdujeron las muestras en contenedores de plástico y posteriormente fueron rellenos con resina transparente. Las ventajas de este procedimiento fueron: la manejabilidad de los cilindros de resina (debido al reducido tamaño de las raíces), la menor posibilidad de pérdida de las muestras al aumentar el tamaño, la mayor protección de las mismas, el bajo coste económico, la rapidez en su realización y la disponibilidad de materiales y del equipamiento.

La decisión de estudiar tres secciones en cada muestra, fue para poder obtener información de los tres tercios en que se divide anatómicamente una raíz dental. Las muestras se normalizaron a una longitud inicial de 15 mm. Posteriormente se realizaron tres cortes de 2 mm en cada una de las muestras que fueron posteriormente pulidas hasta obtener discos de 1mm. El primero en el tercio coronal, el segundo en el tercio medio y el último en el tercio apical, pero a una distancia de 5 mm del ápice. Estos milímetros sin estudiar se debieron a que el primer mm del ápice no presentó materiales de obturación, porque a la longitud de trabajo del conducto se le restó 1 mm. Los 3-4 mm restantes se desecharon

también debido a que en esta zona, es donde se suelen presentar los deltas apicales o conductos accesorios, lo cual podría falsear los resultados. Estas variables anatómicas coinciden con estudios de varios investigadores; Villegas *et al.* (2002) concluyeron que el 99% de los conductos accesorios se encuentran localizados en los últimos tres milímetros apicales, frecuentemente asociados a complejas anatomías radicales con gran cantidad de ramificaciones y con curvas de un diámetro inferior a 0,1 milímetros. Otro estudio posterior realizado por Venturi *et al.* (2005) en el que se utilizaron 222 muestras humanas, después de realizar la obturación, se encontró que el 65,5% presentaron conductos laterales y de este hallazgo porcentual el 66,8% se pudieron localizar en el tercio apical.

La primera observación microscópica se llevó a cabo con el MCLB en cada uno de los tercios seccionados con un objetivo de 10 aumentos, y con un método de epifluorescencia con longitudes de onda de excitación de 543 nm y de emisión de 564-657 nm para la Rodamina B (Rached-Junior *et al.* 2013). Debido a la necesidad de usar un compuesto epifluorescente, como la Rodamina B, se descartó la influencia que pudo tener en las propiedades mecánico-químicas del cemento sellador debido a su pequeña concentración del 0,1% (Zapata *et al.* 2008). Para realizar la observación, el perímetro se contorneó y midió, y las regiones de la dentina radicular se contornearon y cuantificaron, donde el cemento sellador penetró en los túbulos dentinarios y la dentina se adaptó a las paredes (Kok *et al.* 2012). Entonces el porcentaje de sellador y gutapercha en las paredes del conducto radicular y túbulos dentinarios fueron establecidos (Marciano *et al.* 2011; Kok *et al.* 2012; Rached-Junior *et al.* 2013). Se consideró “adaptación del material de obturación” cuando el cemento se infiltró por el perímetro del conducto a través de los túbulos dentinarios (Kok *et al.* 2012). Para medir la longitud de penetración máxima del cemento, se consideró como penetración cualquier resto de cemento visible lo más alejado del perímetro del conducto, aunque se hubiese tratado de un solo punto visible sin conexión o continuidad con el túbulo dentinario que se originó en la pared del conducto. Estos puntos de penetración se consideraron como filtración, debido a la diferente sinuosidad que pudieron presentar en su recorrido los túbulos y a la dirección de corte de los tercios realizado que pudo no coincidir con el trayecto

3.- DESARROLLO ARGUMENTAL: DISCUSIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA

del túbulo debido a su dimensión microscópica. Marciano *et al.* (2011) criticaron en su estudio el uso de MCLB en estudios de investigación, diciendo que no proporcionó volumen de información como en el caso del microtomógrafo y además se considera una técnica destructiva, debido a que hay que seccionar las muestras para permitir su observación.

La observación y análisis de las muestras con MEB de electrones retrodispersados se llevó a cabo debido a que permitió la obtención de señales de toda la superficie de las muestras a gran aumento. Utilizamos un equipo de emisión de campo, en el que no salen los electrones del filamento por efecto termoiónico y se consigue más resolución al proporcionar un haz que recorre la muestra extrayendo señales. En nuestro caso, como en el de (Kuga *et al.* 2010) se llegó a 1000 aumentos máximo, lo que permitió la detección de desadaptaciones no visibles a simple vista, usándose 2500 aumentos en la investigación de Bhatti *et al.* (2010). Sin embargo, para obtener imágenes que abarcaran todo el perímetro del conducto radicular no se pudo aumentar más de 30 a 50 aumentos. Con estas magnificaciones se pudo evaluar la adaptación a las paredes del conducto tomando 2 microfotografías de los tercios cervical, medio y apical del conducto, como en el estudio de Vincenzi *et al.* (2011) donde utilizó el MEB para realizar 6 microfotografías de cada conducto radicular, correspondiendo a 2 para cada tercio, a efectos comparativos. Otros estudios donde se usó el MEB como los de Kuga *et al.* (2010) y el ya nombrado de Bhatti *et al.* (2010) realizaron un tratamiento previo de las muestras similar a nuestro estudio, mediante la fijación de éstas en talones de aluminio y el bombardeo iónico posterior con metales nobles como oro, y con oro-paladio como hizo Vincenzi *et al.* (2011) y nosotros. Los criterios para valorar la desadaptación con el MEB, de los materiales de obturación a las paredes del conducto radicular fueron cuando en el espacio de desadaptación visible, no quedó ningún remanente de cemento adherido a la pared del conducto, estando todo el cemento adherido al resto de materiales del conducto. El criterio descrito fue seguido estrictamente. Una vez que los huecos fueron identificados la suma del área de los huecos fue restado de la superficie total del conducto, en consecuencia se obtuvo el área obturada con gutapercha (Marciano *et al.* 2011).

EL programa utilizado para analizar las imágenes fue el ImageJ 1.49k, llevándose a cabo por un solo operador (Schäfer *et al.* 2013; Dietrich *at al.* 2012). En otros estudios los autores optaron por analizar las imágenes con el programa informático ImageTool 3.0 (University of Texas, San Antonio, TX, USA) (Marciano *et al.* 2011; Kok *et al.* 2012; Rached-Junior *et al.* 2013).

3.6.2.- Sobre los resultados.

La metodología utilizada en este trabajo de investigación tuvo como objetivo analizar la diferencia entre diferentes sistemas de instrumentación del conducto radicular, razón por la cual la técnica de obturación realizada en todos los grupos fue la misma, para evitar en la medida de lo posible la introducción de otras variables que pudieran haber afectado al resultado final. Por tanto, en la discusión de los resultados se nombrarán los sistemas de limas usados para instrumentar el conducto, por ser el tema fundamental de estudio, excepto en el primer análisis de resultados para relacionar los grupos con los sistemas de limas.

Con la observación de las diferentes muestras con MCLB y el análisis de los datos obtenidos de los tercios dentro de cada grupo en porcentaje de adaptación, se obtuvieron los resultados que se comentan seguidamente.

El grupo A (RE) obtuvo los mejores porcentajes de adaptación en el tercio medio 71,78% (17,44%), seguido del coronal y finalmente el apical, no presentando diferencias estadísticamente significativas entre ellos. En el grupo B (WO), sucedió como en RE, la mayor adaptación fue para el tercio medio, coronal y finalmente apical, pero en este caso sí que se dieron diferencias significativas el tercio apical 32,53% (21,10) con los dos restantes. En el tercer grupo estudiado, el grupo C (OS) también como en RE y WO, el tercio más adaptado fue el medio, seguido del coronal y por último el apical, hallándose diferencias significativas entre el tercio apical 51,10% (23,38) con el medio y coronal, igual que en el WO.

3.- DESARROLLO ARGUMENTAL: DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS

El último grupo de estudio, el D (KF), mostró los mayores porcentajes en el tercio coronal 82,92% (13,54%), seguido del tercio medio 82,29% (13,40%) con muy poca diferencia y finalmente el apical, presentando diferencias significativas entre el tercio apical con el medio y coronal.

El análisis de los tercios entre diferentes grupos con MCLB proporcionó los resultados que se analizan a continuación.

Los resultados obtenidos en el tercio apical fueron mejores para KF 60,53% (20,69%), el cual presentó diferencias estadísticamente significativas con el WO con valores bajos de 32,53% (1,10%). RE y OS no resultaron ser diferentes, ni entre ellos, ni entre el resto de limas. Sin embargo, KF, a pesar de tener la mejor adaptación de todos los grupos en apical, obtuvo el peor valor de sus tres tercios con diferencia significativa. En el tercio medio se dieron los mejores resultados con OS 85,86% (12,76%), con valores cercanos para KF con 82,29% (13,40%) no encontrándose diferencias significativas entre ninguno de los cuatro grupos. Este valor de máxima adaptación en el tercio medio de OS, contrastó con la menor adaptación que tuvo su tercio apical 51,10% (23,38%), diferente estadísticamente de sus tercios medio y coronal. WO obtuvo los mejores porcentajes de sus tercios en el medio, seguido del coronal y por último el apical que fue significativamente diferente de los otros dos, igual resultado se obtuvo con RE, pero sin diferencias significativas. Al analizar el tercio coronal los mejores porcentajes de adaptación se dieron en KF con un 82,92% (13,54) no habiendo diferencias significativas entre los cuatro sistemas.

El siguiente parámetro estudiado con MCLB fue la longitud de máxima penetración de la Rodamina B en mm, mediante el análisis obtenido de los tercios de cada grupo, con los siguientes resultados:

La máxima penetración se obtuvo en el tercio coronal de RE 1,45 mm (0,54 mm). Los datos obtenidos fueron extrapolables a los cuatro grupos de estudio, obteniéndose la máxima penetración de colorante en los tercios coronales, seguido de los medios y finalmente los apicales. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tercios coronales y apicales de los cuatro grupos de estudio. La máxima penetración para RE fue 1,45 mm (0,54

3.- DESARROLLO ARGUMENTAL: DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS

mm), siendo la mayor de todos los tercios y grupos, el siguiente fue WO 1,11 mm (0,63 mm), OS 1,16 mm (0,43 mm) y KF 1,30 mm (0,45 mm).

Se analizó también la máxima longitud de penetración de cada uno de los tercios entre los diferentes grupos con MCLB.

El tercio apical con la mayor penetración fue el KF 0,911 mm (0,29 mm), el tercio medio fue para RE 1,21 mm (0,47 mm) y en coronal RE 1,45 mm (0,54 mm), no encontrándose diferencias significativas en ninguno de los tercios.

Con la observación con MEB se obtuvieron los siguientes resultados al analizar la adaptación de los tercios en cada uno de los grupos:

RE consiguió la máxima adaptación de su tercio medio 91,48 % (5,54%) consiguiendo un valor levemente inferior el tercio apical, resultando sin diferencias significativas para este grupo. WO tuvo el mejor dato en apical 90,14% (7,66%) siendo diferente estadísticamente del tercio medio, que obtuvo el valor menor y, además, este tercio medio presentó diferencias significativas con el tercio coronal. Los mejores resultados para OS 95,26% (2,52%) y KF 90,02% (8,48%) se encontraron en el tercio apical, sin diferencias con el resto de tercios, siendo el dato de OS el mayor obtenido entre todos los grupos.

Los resultados encontrados al estudiar la adaptación con MEB en los diferentes tercios entre cada uno de los grupos se analizan a continuación.

La mejor adaptación en apical y coronal 87,28% (9,12%) se dio en OS, no hallándose diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos. En el tercio medio el mejor porcentaje lo obtuvo RE 91,48% (5,54%) presentando diferencias significativas con WO, que obtuvo el valor de adaptación menor 59,98% (20,76%) y a su vez este último también resultó ser diferente significativamente con OS y KF.

El último parámetro evaluado fue la máxima desadaptación con MEB, mostrándose los resultados conseguidos de los tercios de cada grupo:

La mayor desadaptación en el tercio coronal fue para RE 0,11 mm (0,17 mm) y WO 0,05 mm (0,05) no mostrando diferencias significativas con el resto. OS obtuvo el mayor valor en apical, no teniendo este tercio diferencias con el resto

3.- DESARROLLO ARGUMENTAL: DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS

de tercios, sin embargo el tercio medio con el valor menor 0,01 mm (0,01mm) sí que resultó ser diferente significativamente del tercio coronal. Por último, KF tuvo la máxima desadaptación en coronal. El tercio apical consiguió la menor medida, siendo por tanto estadísticamente diferente de coronal y medio.

En este último parámetro estudiado se analizó la máxima desadaptación con el MEB entre los tercios de los diferentes grupos.

Los resultados obtenidos en el tercio apical fueron los más altos para WO, 0,04 mm (0,03 mm) y OS 0,04 mm (0,05 mm), siendo RE y WO significativamente diferentes de KF, que consiguió el menor valor. Al observar el tercio medio, la máxima desadaptación se produjo en RE, 0,071 mm (0,05 mm) que tuvo diferencias estadísticamente significativas con OS (menor desadaptación) y KF (segunda menor desadaptación). Por su parte, OS también resultó significativamente diferente de WO y KF. Finalmente en el tercio coronal se dieron los mayores valores en RE, 0,11 mm (0,17 mm) no existiendo diferencias entre ninguno de los grupos para este tercio.

La decisión de realizar el análisis de los resultados de este estudio mediante el MCLB y MEB se debió fundamentalmente a que se tratan de técnicas complementarias, ya que al analizar los resultados se pueden observar las coincidencias existentes entre la información proporcionada por una y otra técnica (Iturralde *et al.* en prensa). El MCLB permitió comprobar la adaptación de la obturación mediante la penetración del compuesto fluorescente en la dentina, lo que se consideró como adaptación, y el MEB permitió comprobar las zonas de adaptación con mayor aumento. Debido a esto los porcentajes de adaptación fueron sensiblemente mayores con el MEB que los de MCLB, ya que se tiene que producir la penetración del cemento en los túbulos dentinarios para ser considerada como adaptación del cemento, lo que se mostró finalmente en los resultados.

El uso de la técnica de obturación CLMI para este trabajo limita la comparación de la discusión de los resultados obtenidos con los de otros autores, debido a que es una técnica de obturación empleada en la Universitat de València y sobre la que nuestro grupo ha desarrollado distintos trabajos de investigación que han sido presentados en congresos pero de la cual no hay publicaciones todavía. Por

3.- DESARROLLO ARGUMENTAL: DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS

tanto los artículos nombrados a continuación presentan aspectos similares con este trabajo, pero no siguen una metodología como la utilizada por nosotros.

El análisis de diversas técnicas microscópicas ha sido recogido en diversas publicaciones, recogiendo ventajas e inconvenientes (Hammad *et al.* 2008). Según diversos autores que realizaron estudios para medir la penetración intratubular de los selladores, con la finalidad de obtener una adaptación de los materiales de obturación endodóncica, la capa creada por el sellador debería ser fina, homogénea y continua para tener gran capacidad de sellado (De-Deus *et al.* 2003). Bamiduro *et al.* (1992) también estudiaron la capa de sellador, concluyendo que es importante para el éxito del tratamiento, sobre todo al encontrarse en capas gruesas, no pudiendo garantizar la integridad del sellado debido a la solubilidad que presenta en el tiempo. Por el contrario, en otro artículo de Hammad *et al.* (2009), se afirmó que la presencia de sellador en el interior de la masa de gutapercha no pudo dar garantías en la ausencia de huecos de los materiales de obturación.

Tambe *et al.* (2014) compararon, entre otros parámetros, la capacidad de centrado de las limas al instrumentar el conducto con un sistema multilima y dos de lima única, entre ellas One Shape y WaveOne, presentando resultados contrarios a nuestro estudio, ya que los mejores resultados los consiguió con WaveOne. En otro estudio con limas alternantes, de rotación continua multilima y manuales, Yoo y Cho (2012), concluyeron que los instrumentos de níquel-titanio fueron superiores a las limas K en cuanto a la capacidad de conformación. Por nuestra parte, la adaptación similar conseguida por el grupo de limas manuales KF con respecto a las rotatorias podría deberse a que se instrumentaron las paredes con un total de 12 limas, comprendidas entre los tamaños 15 al 80, lo que resultó en una conformación eficaz y completa del conducto al terminar de conformar con limas de gran calibre, aunque supuso un tiempo de trabajo considerablemente mayor.

En un estudio similar al presente, Dhingra *et al.* (2015) probaron la capacidad de conformación de los sistemas Reciproc, WaveOne y One Shape. Obtuvieron diferencias entre los sistemas de limas alternantes y rotatorios, pero en cambio no observaron diferencias entre las dos limas alternantes para el área de sección

3.- DESARROLLO ARGUMENTAL: DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS

transversal, las cuales resultaron ser mejores que la lima de movimiento continuo. Resultados que contrastaron con los nuestros, ya que el grupo WO tuvo unos resultados inferiores con diferencias estadísticamente significativas.

4.- CONCLUSIONES FINALES

Dentro de las limitaciones de este estudio y según los objetivos planteados, destinados a evaluar la adaptación de los materiales de obturación en tres sistemas rotatorios de lima única, dos alternantes y uno continuo, y un sistema de limas manuales mediante la obturación con la técnica de condensación lateral modificada con gutapercha inyectada, y tras el estudio realizado tanto con microscopía electrónica de barrido y confocal láser, se obtuvieron, de manera global, las siguientes conclusiones:

- ✚ La adaptación de los materiales de obturación conseguida con los sistemas Reciproc, One Shape y limas K Flexofile fue similar, sin presentar diferencias entre ellos. Sin embargo, el sistema WaveOne presentó una menor adaptación marginal respecto a los otros grupos.

- ✚ La adaptación conseguida con el sistema de lima única Reciproc siguió una regularidad entre los distintos tercios radiculares, sin diferencias entre ellos; la máxima penetración se dio en el tercio coronal obtuvo los mejores resultados en términos de filtración.

- ✚ El sistema de lima única WaveOne mostró diferencias en los tercios apical y medio con los otros sistemas de lima única y manual, y entre sus tercios; la máxima penetración se observó en el tercio coronal.

- ✚ El sistema One Shape se adaptó peor en el tercio apical; y la máxima adaptación se dio en el tercio coronal.

- ✚ El sistema de limas K Flexofile obtuvo la peor adaptación en el tercio apical y su máxima adaptación en el tercio coronal.

- ✚ Los cuatro sistemas mostraron, en términos generales, una adaptación que puede considerarse como satisfactoria. Los grupos de movimiento alternante en comparación con el de movimiento continuo obtuvieron peores adaptaciones, con diferencias en el tercio medio. El grupo de instrumentación manual en comparación con los grupos de instrumentación rotatoria evidenció diferencias respecto a los tercios medio y apical de los grupos rotatorios.

5.- BIBLIOGRAFÍA

Abarca AM, Bustos A, Navia M. A comparison of apical sealing and extrusion between Thermafil and lateral condensation techniques. *J Endod* 2001;27(11):670-2.

Almenar A. Técnica de condensación lateral modificada con gutapercha inyectada. Una mejora de la condensación lateral clásica. En prensa.

Anantula K, Ganta AK. Evaluation and comparison of sealing ability of three different obturation techniques – Lateral condensation, Obtura II, and GuttaFlow: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2011;14(1):57-61.

Bamiduro R, Ogtenbi G, Shen O. Effect of different sealers on thermoplasticized gutta-percha root canal obturations. *J Endod* 1992;18:363-366.

Bane K, Faye B, Sarr M, Niang SO, Ndiaye D, Machtou P. Root canal shaping by single-file systems and rotary instruments: a laboratory study. *Iran Endod J* 2015;10(2):135-139.

Barbosa FO, Gusman H, Pimenta de Araújo MC. A comparative study on the frequency, location, and direction of accessory Canals filled with the hydraulic vertical condensation and continuous wave of condensation techniques. *J Endod* 2009;35(3):397-400.

Baumgartner G, Zehnder M, Paqué F. Enterococcus faecalis type strain leakage through root canals filled with Gutta-Percha/AH plus or Resilon/Epiphany. *J Endod* 2007;33(1):45-7.

Beltes P, Koulaouzidou E, Kotoula V, Kortsaris AH. In vitro evaluation of the cytotoxicity of calcium hydroxide-based root canal sealers. *Endon Dent Traumatol* 1995;11:245-9.

Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore G, Castelluci A. Canal shaping with WaveOne primary reciprocating files and ProTaper system: a comparative study. *J Endod* 2012;38(4):505-9.

Bhatti N, Sroa R, Sikri VK. Evaluation of surface preparation and maintenance of canal curvature following instrumentation with hand "K" file and three different Ni-Ti rotary systems: a radiographic and SEM study. *Contemp Clin Dent* 2010;1(2):88-93.

Biggs SG, Knowles KI, Ibarrola JL, Pashley DH. An in vitro assessment of the sealing ability of resilon/epiphany using fluid filtration. *J Endod* 2006;32(8):759-61.

Boucher Y, Matossian L, Rilliard F, Machtou P. Radiographic evaluation of the prevalence and technical quality of root canal treatment in a French subpopulation. *Int Endod J* 2002;35:229-38.

Bowman CJ, Baumgartner JC. Gutta-percha obturation of lateral grooves and depressions. *J Endod* 2002;28(3):220-223.

Brackett MG, Martin R, Sword J, Oxford C, Rueggeberg FA, Tay FR, Pashley DH. Comparison of seal after obturation techniques using a polydimethylsiloxane-based root canal sealer. *J Endod* 2006;32(12):1188-90.

Brothman P. A comparative study of vertical and lateral compaction of gutta-percha. *J Endod* 1980;7:27-30.

Buchanan LS. Continuous wave of obturation technique. *Endodon Pract* 1998;1:7-10,13-6,18.

Buchanan LS. The continuous wave of condensation technique: a convergence of conceptual and procedural advances in obturation. *Dent Today* 1994;October:80-5.

Bürklein S, Benten S, Schäfer E. Quantitative evaluation of apically extruded debris with different single-file systems: Reciproc, F360 and OneShape versus Mtwo. *Int Endod J*. 2013a;47(5):405-9.

Bürklein S, Benten S, Schäfer E. Shaping ability of different single file systems in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J*. 2013b;46(6):590-7.

Bürklein S, Hinschitzka K, Dammaschke T, Schäfer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *Int Endod J* 2012;45:449-461.

Bürklein S, Schäfer E. Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. *J Endod* 2013;39(4):501-4.

Caragenç B, Gençoglu N, Ersoy M, Cansever G, Külekçi G. A comparison of four different microleakage tests for assessment of leakage of root canal fillings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;102(1):110-113.

Celikten B, Uzuntas CF, Kursun S, Orhan AI, Tufenkci P, Orhan K, Demiralp KÖ. Comparative evaluation of shaping ability of two nickel-titanium rotary systems using cone beam computed tomography. *BMC Oral Health* 2015;15(32):1-8.

Chokkalingam M, Ramaprabha DK, Kandaswamy D. Three-dimensional helical computed tomographic evaluation of three obturation techniques: In vitro study. *J Conserv Dent* 2011;14(3):273-6.

Clinton K, Van Himel T. Comparison of a warm gutta-percha obturation technique and lateral condensation. *J Endod* 2001;27:692-5.

Cobankara FK, Adanir N, Belli S. Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers. *J Endod* 2004;30:406-9.

Cohen S, Burns RC. *Vías de la pulpa*. 7ª Ed. Madrid: Harcourt.1999.

Collins J, Walker MP, Kulild J, Lee C. A comparison of three gutta-percha obturation techniques to replicate canal irregularities. *J Endod* 2006;32(8):762-5.

Cunningham KP, Walker MP, Kulild JC, Lask JT. Variability of the diameter and taper of size #30, 0.04 gutta-percha cones. *J Endod* 2006;32(11):1081-4.

Dadresanfar B, Khalilak Z, Shiekholeshami M, Afshar S. Comparative study of the sealing ability of the lateral condensation technique and the BeeFill system after canal preparation by the Mtwo NiTi rotary system. *J Oral Sci* 2010;52(2):281-285.

De-Deus G, Arruda TEP, Souza EM, Neves A, Magalhães K, Thuanne E, Fidel RAS. The ability of the Reciproc R25 instrument to reach the full root canal working length without a glide path. *Int Endod J*. 2013;46:993-8.

De-Deus G, Gurgel-Filho ED, Maniglia-Ferreira C, Coutinho Filho T. Intratubular penetration of root canals sealers. *Braz Oral Res* 2002;14:332-336.

De Mello Junior JE, Cunha RS, Bueno CE, Zuolo ML. Retreatment efficacy of gutta-percha removal using a clinical microscope and ultrasonic instruments: part I-an ex vivo study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:59-62.

Dhingra A, Kochar R, Banerjee S, Srivastava P. Comparative evaluation of the canal curvature modifications after instrumentation with One Shape rotary and Wave One reciprocating files. *J Conserv Dent*. 2014;17(2):138-141.

Dhingra A, Ruhai N, Miglani A. Evaluation of single file systems Reciproc, Oneshape, and WaveOne using cone beam computed tomography -An in vitro study. *J Clin Diagn Res* 2015;9(4):30-34.

Dietrich MA, Kirkpatrick TC, Yaccino JM. In vitro canal and isthmus debris removal of the Self-Adjusting file, K3, and WaveOne files in the mesial root of human mandibular molars. *J Endod* 2012;38(8):1140-44.

Dummer PM, Lyle L, Rawle J, Kennedy JK. A laboratory study of root fillings in teeth obturated by lateral condensation of gutta-percha or Thermafil obturators. *Int Endod J* 1994;27:32-8.

Endal U, Shen Y, Knut A, Gao Y, Haapasalo M. A high-resolution computed tomographic study of changes in root canal isthmus area by instrumentation and root filling. *J Endod* 2011;37(2):223-7.

Elayouti A, Achleithner C, Löst C, Weiger R. Homogeneity and adaptation of a new gutta-percha paste to root canal walls. *J Endod* 2005;31(9):687-90.

Fleming CH, Litaker MS, Alley LW, Eleazer PD. Comparison of classic endodontic techniques versus contemporary techniques on endodontic treatment success. *J Endod* 2010;36(3):414-8.

Friedman S, Löst C, Zarrabian M, Trope M. Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *J Endod* 1995;21:384-90.

Generali L, Righi E, Todesca MV, Consolo U. Canal shaping with WaveOne reciprocating files: influence of operator experience on instrument breakage and canal preparation time. *Odontology*. 2013;102(2):217-22.

Gençoglu N, Garip Y, Bas M, Samani S. Comparison of different gutta-percha root filling techniques: thermafil, Quick-fill, System B, and lateral condensation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;93:333-6.

Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. *J Endod* 2005;31(11):809-13.

Goldberg F, Artaza LP, De Silvio A. Effectiveness of different obturation techniques in the filling of simulated lateral Canals. *J Endod* 2001;27:362-4.

Goldberg M, Dahan S, Machtou P. Centering ability and influence of experience when using WaveOne single-file technique in simulated canals. *Int J Dent*. 2012;2012:1-7.

Gordon MP, Love RM, Chandler NP. An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. *Int Endod J* 2005;38(2):87-96.

Grande NM, Plotino G, Butti A, Messina F, Pameijer CH, Somma F. Cross-sectional analysis of root canals prepared with NiTi rotary instruments and

stainless steel reciprocating files. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007;103(1):120-6.

Grande NM, Plotino G, Pecci R, Bedini R, Malagnino VA, Somma F. Cyclic fatigue resistance and three-dimensional analysis of instruments from two nickel-titanium rotary systems. Int Endod J 2006;39:755-63.

Grandini S, Balleri P, Ferrari M. Evaluation of Glyde File Prep in combination with sodium hypochlorite as a root canal irrigant. J Endod 2002;28:300-3.

Grossman L. Endodontic Practice. 11^a Ed. Philadelphia: Lea & Febiger. 1988.p 242.

Grossman LI. Physical properties of root canal cements. J Endod 1976;2:166-175.

Guerisoli DMZ, Marchesan MA, Walmsley AD, Pecora JD. Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation. Int Endod J 2002;35:418-21.

Gundappa M, Bansal R, Khoriya S, Mohan R. Root canal centering ability of rotary cutting nickel titanium instruments: A meta-analysis. J Conserv Dent 2014;17(6):504-509.

Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Evaluation of root canal obturation: a three-dimensional *in vitro* study. J Endod 2009;35(4):541-44.

Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Three-dimensional evaluation of effectiveness of hand and rotary instrumentation for retreatment of canals filled with different materials. J Endod 2008;34:1370-73.

Herbert J, Bruder M, Braunsteiner J, Altenburger MJ, Wrbas KT. Apical quality and adaptation of Resilon, EndoREZ, and Guttaflow root canal fillings in combination with a noncompaction technique. *J Endod* 2009;35(2):261-4.

Hörsted-Bindslev P, Andersen MA, Jensen MF, Nilsson JH, Wenzel A. Quality of molar root canal fillings performed with the lateral compaction and the single-cone technique. *J Endod* 2007;33(4):468-71.

Hulsmann M, Gressmann G, Schafers F. A comparative study of root canal preparation using FlexMaster and Hero 642 rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2003;36:358-66.

Huybrechts B, Bud M, Bergmans L, Lambrechts, Jacobs R. Void detection in root fillings using intraoral analogue, intraoral digital and cone beam CT images. *Int Endod J* 2009;42:675-85.

Inan U, Gonulol N. Deformation and fracture of Mtwo rotary nickel-titanium instruments after clinical use. *J Endod* 2009;35(10):1396-1399.

Ingle JI, West JD. Obturación del espacio radicular. 4ª Ed. México: McGraw-Hill Interamericana. 1996.

Iturralde A, Forner L, Llena C, Almenar A, Lozano A. Methodological considerations on the study of endodontic sealer adaptation to root canal walls: comparison between scanning electronic and laser confocal microscopes. *Endodoncia* 2015;33(3):en prensa.

Jin SY, Lee WC, Kang MK, Hur B, Kim HC. Single file reciprocating technique using conventional nickel-titanium rotary endodontic files. *Scanning*. 2013;35(6):349-354.

JOE Editorial Board. Obturation of the root canal system: an online study guide. *J Endod* 2008;34(5 Suppl):e37-43.

JOE Editorial Board. Post space preparation: an online study guide. *J Endod* 2008;34(5 Suppl):e139-41.

Johnson WT, Gutmann JL. Obturation of the cleaned and shaped root canal system. En: Cohen S, Hargreaves K, Keiser K. *Pathways of the pulp*. 9ª Ed. St Louis: Mosby Elsevier. Pp:368-71, 372-4.2006.

Kandaswamy D, Venkateshbabu N, Gogulnath D, Kindo AJ. Dentinal tubule disinfection with 2% chlorhexidine gel, propolis, morinda citrifolia juice, 2% povidone iodine, and calcium hydroxide. *Int Endod J* 2010;43(5):419-23.

Kandaswamy D, Venkateshbabu N, Krishna RG, Hannah R, Arathi G, Roohi R. Comparison of laterally condensed, vertically compacted thermoplasticized, cold free-flow GP obturations – A volumetric analysis using spiral CT. *J Conserv Dent* 2009;12(4):145-9.

Kardon BP, Kuttler S, Hardigan P, Dorn SO. An in vitro evaluation of the sealing ability of a new root canal obturation system. *J Endod* 2003;29:658-61.

Karr NA, Baumgartner JC, Marshall JG. A comparison of gutta-percha and Resilon in the obturation of lateral grooves and depressions. *J Endod* 2007;33(6):749-52.

Key JE, Rahemtulla FG, Eleazer PD. Cytotoxicity of a new root canal filling material on human gingival fibroblasts. *J Endod* 2006;32(8):756-8.

Kim HC, Hwang YJ, Jung DW, You SY, Kim HC, Lee W. Micro-computed tomography and scanning electron microscopy comparisons of two nickel-titanium rotary root canal instruments used with reciprocating motion. *Scanning*. 2013;35(2):112-8.

Koçak S, Koçak MM, Sağlam BC, Türker SA, Sagsen B, Er Ö. Apical extrusion of debris using self-adjusting file, reciprocating single-file, and 2 rotary instrumentation systems. *J Endod* 2013;39(10):1278-1280.

Kok D, Húngaro Duarte MA, Abreu Da Rosa R, Wagner MH, Pereira JR, Reis Só MV. Evaluation of epoxy resin sealer after three root canal filling techniques by confocal laser scanning microscopy. *Micros Res Techniq*. 2012;75:1277-1280.

Kuga MC, Tanomaru-Filho M, Faria G, Só MVR, Galleti T, Bavello JRS. Calcium hydroxide intracanal dressing removal with different rotary instruments and irrigating solutions: a scanning electron microscopy study. *Braz Dent J* 2010;21(4):310-314.

Lea CS, Apicella MJ, Mines P, Yancich PP, Parker MH. Comparison of the obturation density of cold lateral compaction versus warm vertical compaction using the continuous wave of condensation technique. *J Endod* 2004;31(1):37-9.

Leduc J, Fishelberg G. Endodontic obturation: a review. *General Dentistry* 2003;51:232-3.

Levitan ME, Himel VT, Luckey JB. The effect of insertion rates on fill length and adaptation of a thermoplasticized gutta-percha technique. *J Endod* 2003;29:505-8.

Lim TS, Wee TY, Choi MY, Koh WC, Sae-Lim V. Light and scanning electron microscopic evaluation of Glyde™ File Prep in smear layer removal. *Int Endod J* 2003;36:336-43.

Lim YJ, Park SJ, Kim HC, Min KS. Comparison of the centering ability of WaveOne and Reciproc nickel-titanium instruments in simulated curved canals. *Restor Dent Endod*. 2013;38(1):21-5.

Lipski M. Root surface temperature rises during root canal obturation, in vitro, by the continuous wave of condensation technique using System B HeatSource. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005a;99(4):505-10.

Lipski M. Root surface temperature rises in vitro during root canal obturation using hybrid and microseal techniques. *J Endod* 2005b;31(4):297-300.

Lipski M. Root surface temperature rises in vitro during root canal obturation with thermoplasticized gutta-percha on a carrier or by injection. *J Endod* 2004;30(6):441-3.

Llena C, Cuesta C, Forner L, Mozo S, Segura J-J. The effect of passive ultrasonic activation of 2% chlorhexidine or 3% sodium hypochlorite in canal wall cleaning. *J Clin Exp Dent* 2015;7(1):69-73.

Luzi A, Forner L, Almenar A, Hervás A, Llena MC. Preparación de conductos con Mtwo y simplificación de la técnica de condensación lateral. Comunicación oral presentada en el XXX Congreso de AEDE en Alicante. 2009.

Mahera F, Economides N, Gogos C, Beltes P. Fluid-transport evaluation of lateral condensation, ProTaper gutta-percha and warm vertical condensation obturation techniques. *Aust Endod J* 2009;35(3):169-173.

Marciano MA, Ordinola-Zapata R, Cunha TVRN, Duarte MAH, Cavenago BC, García RB, Bramante CM, Bernardineli N, Moraes IG. Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. *Int Endod J*. 2011;44:321-9.

Marco C, Domínguez J, Almenar A. Técnica modificada de obturación de conductos: impresiones clínicas preliminares. Comunicación oral presentada en el XXXIX Reunión del Centro de Estudios Odontostomatológicos en Albacete. 2011.

Marlin J, Krakow AA, Desilets RP, Gron P. Clinical use of injection-molded thermoplasticized gutta-percha for obturation of the root canal system: a preliminary report. *J Endod* 1981;7:277-81.

Martínez B, Almenar A, Lozano E, Forner L, Lujan L. Análisis microscópico de la capacidad de sellado marginal de una técnica combinada de obturación de conductos. Comunicación oral presentada en el XXXI Congreso de AEDE en Córdoba. 2010.

Merdad K, Pascon AE, Kulkarni G, Santerre P, Friedman S. Short-term cytotoxicity assessment of components of the epiphany resin-percha obturating system by indirect and direct contact millipore filter assays. *J Endod* 2007;33(1):24-7.

Metzger Z, Zary R, Cohen R, Teperovich E, Paqué F. The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus self-adjusting files: a three-dimensional micro-computed tomographic study. *J Endod* 2010;36(9):1569-73.

Michanowicz AE, Michanowicz JP, Michanowicz AM, Czonstkowsky M, Zullo TP. Clinical evaluation of low-temperature thermoplasticized injectable gutta-percha: a preliminary report. *J Endod* 1989;15:602-7.

Molander A, Reit C, Dahlén G, Kvist T. Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. *Int Endod J* 1998;31:1-7.

Mozo S, Llana C, Chieffi N, Forner L, Ferrari M. Effectiveness of passive ultrasonic irrigation in improving elimination of smear layer and opening dentinal tubules. *J Clin Exp Dent* 2014;6(1):47-52.

Nagaraja S, Murthy S. CT evaluation of canal preparation using rotary and hand NI-TI instruments: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2010;13(1):16-22.

Nair PNR. Pathogenesis of apical Periodontitis and the causes of endodontic failures. *Crit Rev Oral Biol Med* 2004;15:348-81.

Nazarimoghadam K, Daryaeian M, Ramazani N. An in vitro comparison of root canal transportation by Reciproc file with and without glide path. *J Dent (Tehran)* 2014;11(5):554-559.

Nelson EA, Liewehr FR, West LA. Increased density of gutta-percha using a controlled heat instrument with lateral condensation. *J Endod* 2000;26(12):748-50.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Duarte MAH, Cavenago BC, Jaramillo D, Versiani MA. Shaping ability of Reciproc and TF Adaptive systems in severely curved canals of rapid microCT-based prototyping molar replicas. *J Appl Oral Sci.* 2014;22(6):509-15.

Ozawa T, Taha N, Messer HH. A comparison of techniques for obturating oval-shaped root canals. *Dent Mater J* 2009;28(3):290-294.

Paque F, Musch U, Hulsmann M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2005;38:8-16.

Pascon EA, Spangberg LS. In vitro cytotoxicity of root canal filling materials: 1. Gutta-percha. *J Endod* 1990;16:429-33.

Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *J Endod* 2007;33(2):106-9.

Pérez F, Schoumacher M, Peli JF. Shaping ability of two rotary instruments in simulated canals: stainless steel ENDOflash and nickel-titanium HERO shaper. *Int Endod J* 2005;38:637-44.

Peters DD. Two-year in vitro solubility evaluation of four gutta-percha sealer obturation techniques. *J Endod* 1986;12:139-45.

Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004;30:559-71.

Plotino G, Grande NM, Sorci E, Malagnino VA, Somma F. A comparison of cyclic fatigue between used and new Mtwo Ni-Ti rotary instruments. *Int Endod J* 2006;39:716-23.

Priya NT, Chandrasekhar V, Anita S, Tummala M, Phanindhar Raj TB, Badami V, Kumar P, Soujanya E. "Dentinal microcracks after root canal preparation" a comparative evaluation with hand, rotary and reciprocating instrumentation. *J Clin Diagn Res.* 2014;8(12):70-2.

Rached-Júnior FA, Sousa-Neto MD, Bruniera JFB, Duarte MAH, Silva-Sousa YTC. Confocal microscopy assessment of filling material remaining on root canal walls after retreatment. *Int Endod J.* 2013;47(3):264-270.

Reader CM, Himel VT, Germain LP, Hoen MM. Effect of three obturation techniques on the filling of lateral canals and the main canal. *J Endod* 1993;19:404-8.

Reddy PJ, Kumar VS, Aravind K, Kumar H, Vishal B, Vizaikumar VN, Das R, Vamsilatha K. Canal Shaping with One Shape file and twisted files: a comparative study. J Clin Diagn Res. 2014;8(12):1-3.

Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG Jr. The balanced force concept for instrumentation of curved canals. J Endod 1985;11:203-11.

Robberecht L, Colard T, Claisse-Crinquette. Qualitative evaluation of two endodontic obturation techniques: tapered single-cone method *versus* warm vertical condensation and injection system. An in vitro study. J Oral Sci 2012;54(1):99-104.

Robinson MJ, McDonald NJ, Mullally PJ. Apical extrusion of thermoplasticized obturating material in canals instrumented with Profile 0.06 or Profile GT. J Endod 2004;30(6):418-21.

Rodríguez-Ponce A. Endodoncia. Consideraciones actuales. 1ª Ed. Caracas: Amolca. 2003.

Sagsen B, Er O, Kahraman Y, Orucoglu H. Evaluation of microleakage of roots filled with different techniques with a computerized fluid filtration technique. J Endod 2006;32(12):1168-70.

Sahni PS, Brown CE, Legan JJ, Moore K, Vail MM. Comparison of rotary instrumentation and continuous wave obturation to reciprocating instrumentation and single cone obturation with a hydrophilic sealer. J Endod 2008;34(1):99-101.

Schaeffer MA, White RR, Walton RE. Determining the optimal obturation length: a meta-analysis of literature. J Endod 2005;31:271-4.

Schäfer E, Erler M, Dammaschke T. Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 2006a;39:196-202.

Schäfer E, Erler M, Dammaschke T. Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J* 2006b;39:206-212.

Schäfer E, Köster M, Bürklein S. Percentaje of gutta-percha-filled areas in canals instrumented with nickel-titanium systems and obturated with matching single cones. *J Endod* 2013;39(7):924-8.

Schäfer E, Oitzinger M. Cutting efficiency of five different types of rotary nickel-titanium instruments. *J Endod* 2008;34(2):198-200.

Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am* 1967;11:723-44.

Schneider S. A comparison of canal preparation in straight and curved root Canals. *Oral Surg* 1971;32:271-5.

Segura-Egea JJ, Jiménez-Pinzón A, Poyato-Ferrera M, Velasco-Ortega E, Ríos-Santos JV. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in an adult Spanish population. *Int Endod J* 2004;37:525-30.

Sjogren U, Figdor D, Person S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical Periodontitis. *Int Endod J* 1997;30:297-306.

Sly MM, Moore BK, Platt JA, Brown CE. Push-out bond strength of a new endodontic obturation system (Resilon/Epiphany). *J Endod* 2007;33(2):160-2.

Somma F, Cretella G, Carotenuto M, Pecci R, Bedini R, De Biasi M, Angerame D. Quality of thermoplasticized and single point root fillings assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J* 2011;44:362-369.

Spanberg L, Engstrom B, Langeland K. Biological effects of dental materials: 3. Toxicity and antimicrobial effects on endodontic antiseptics *in vitro*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1973;36:856-71.

Stein T. Radiographic "Working length" revisited. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992;74:796-9.

Tambe VH, Nagmode PS, Abraham S, Patait M, Lahoti PV, Jaju N. Comparison of canal transportation and centering ability of rotary protaper, one shape system and wave one system using cone beam computed tomography: an *in vitro* study. *J Conserv Dent*. 2014;17(6):561-5.

Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Guerreiro Tanomaru JM, Gonçalves M. Radiopacity evaluation of new root canal filling materials by digitalization of images. *J Endod* 2007;33(3):249-51.

Tasdemir T, Er K, Yildirim T, Buruk K, Çelik D, Cora S, Tahan E, Tuncel B, Serper A. Comparison of the sealing ability of three filling techniques in canals shaped with two different rotary systems: A bacterial leakage study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009a;108(3):e129-34.

Tasdemir T, Yesilyurt C, Ceyhanli KT, Celik D, Er K. Evaluation of apical filling after root canal filling by 2 different techniques. *J Can Dent Assoc* 2009b;75(3):201a-201d.

Tay FR, Loushine RJ, Monticelli F, Weller RN, Breschi L, Ferrari M, Pashley DH. Effectiveness of resin-coated gutta-percha cones and a dual-cured, hydrophilic methacrylate resin-based sealer in obturating root canals. *J Endod* 2005;31(9):659-64.

Tinoco JM, De-Deus G, Tinoco EMB, Saavedra F, Fidel RAS, Sassone LM. Apical extrusión of bacteria when using reciprocating single-file and rotary multifile instrumentation systems. *Int Endod J*. 2013;47(6):560-6.

Topcu KM, Karatas E, Ozsu D, Ersoy I. Efficiency of the Self Adjusting File, WaveOne, Reciproc, ProTaper and hand files in root canal debridement. *Eur J Dent*. 2014;8(3):326-9.

Torabinejad M, Kutsenko D, Machnick TK, Ismail A, Newton CW. Levels of evidence for the outcome of nonsurgical endodontic treatment. *J Endod* 2005;31:637-46.

Turkun M, Çengiz T. The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanliness. *Int Endod J* 1997;30:335-42.

Vahid A, Roohi N, Zayeri F. A comparative study of four rotary NiTi instruments in preserving canal curvature, preparation time and change of working length. *Aust Endod J* 2009;35(2):93-7.

Van der Borden WG, Wu MK, Wesselink PR. Percentages of gutta-percha-filled canal area observed after increased apical enlargement. *J Endod* 2010;36(1):139-42.

Varela-Patiño P, Ibáñez-Párraga A, Rivas-Mundiña B, Cantatore G, Otero XL, Martín-Biedma B. Alternating versus continuous rotation: a comparative study of the effect on instrument life. *J Endod* 2010;36(1):157-9.

Varela-Patiño P, Martín Biedma B, Rodríguez Nogueira J, Cantatore G, Malentaca A, Ruiz Piñón M. Fracture rate of nickel-titanium instruments using continuous versus alternating rotation. *Endodontic Practice Today* 2008;2:193-7.

Venturi M, Di Lenarda R, Prati C, Breschi L. An in vitro model to investigate filling of lateral canals. *J Endod* 2005;31(12):877-81.

Versiani MA, Bianchi G, Steier L, De-Deus G, Tassani S, Djalma J, De Sousa-Neto MD. Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the self-adjusting file, Reciproc, WaveOne, and ProTaper Universal Systems. *J Endod* 2013;39(8):1060-66.

Versumer J, Hulsmann M, Schafers F. A comparative study of root canal preparation using Profile .04 and Lightspeed rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2002;35:37-46.

Villegas JC, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. Obturation of accessory canals after four different final irrigation regimes. *J Endod* 2002;28:534-6.

Villegas JC, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. Quality of gutta-percha root canal fillings using differently tapered gutta-percha master points. *J Endod* 2005;31(2):111-3.

Villegas JC, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. Three-step versus single-step use of system B: evaluation of gutta-percha root canal fillings and their adaptation to the canal walls. *J Endod* 2004;30(10):719-21.

Vincenzi V, Plotino G, Giansiracusa A, Pietrangeli E, Al Sudani D, Grande NM, Milana V. A SEM study of canal cleanliness after a new nickel-titanium rotary instrumentation technique. *Ann Stomatol* 2011;2(1-2):19-22.

Vizgirda PJ, Liewehr FR, Patton WR, McPherson JC, Buxton TB. A comparison of laterally condensed gutta-percha, thermoplasticized gutta-percha, and mineral trioxide aggregate as root canal filling materials. *J Endod* 2004;30(2):103-6.

Walia H, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *J Endod* 1988;14:346-51.

Walton R. E., Torabinejad M. *Endodoncia, principios y práctica*. 2ª Ed. México D.F. : McGraw-Hill Interamericana. 1997.

Weine F, Kelly R, Lio P. The effect of preparation procedures on original canal shape and on the apical foramen shape. *J Endod* 1975;1:255-62.

Weine FS. *Tratamiento endodóncico*. 5ª Edición, Madrid: Hartcourt Brace. 1997.

Williamson AE, Marker KL, Drake DR, Dawson DV, Walton RE. Resin-based versus gutta-percha-based root canal obturation: influence on bacterial leakage in an in vitro model system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108(2):292-6.

Witherspoon DE. Vital pulp therapy with new materials: new directions and treatment perspectives--permanent teeth. *J Endod* 2008;34(7 Suppl):S25-8.

Wollard RR, Brough SO, Maggio J, Seltzer S. Scanning electron microscopic examination of root canal filling materials. *J Endod* 1976;2:98-110.

Wu H, Peng C, Bai Y, Hu X, Wang L Li C. Shaping ability of ProTaper Universal, WaveOne and ProTaper Next in simulated L-shaped and S-shaped root canals. *BMC Oral Health* 2015;15(27):1-7.

Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J* 1993;26:37-43.

Xavier CB, Weismann R, de Oliveira MG, Demarco FF, Pozza DH. Root-end filling materials: apical microleakage and marginal adaptation. *J Endod* 2005;31(7):539-42.

Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J* 2008;41:339-434.

Yelton C, Walker MP, Lee C, Dryden JA, Kulild JC. Assessment of a thermoplasticized gutta-percha delivery system to effectively obturate canals with varying preparation dimensions. *J Endod* 2007;33(2):156-9.

Yilmaz Z, Deniz D, Ozcelik B, Sahin C, Cimilli H, Cehreli ZC, Kartal N. Sealing efficiency of BeeFill 2in1 and System B/Obtura II versus single-cone and cold lateral compaction techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108(6):e51-5.

Yoo Y-S, Cho Y-B. A comparison of the shaping ability of reciprocating NiTi instruments in simulated curved canals. *Restor Dent Endod*. 2012;37(4):220-7.

You SY, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Shon WJ, Lee W. Lifespan of one nickel-titanium rotary file with reciprocating motion in curved canals. *J Endod* 2010;36:1991-4.

You SY, Kim HC, Bae KS, Lee W. Shaping ability of reciprocating motion in curved root canals: a comparative study with micro-computed tomography. J Endod 2011;37(9):1296-1300.

Zabalegui B. Diente endodonciado. Éxito o fracaso. Plan de tratamiento endorreparador. Endodoncia 1990;8:22-6.

Zapata RO, Bramante CM, Moraes IG, Bernardineli N, Gasparoto TH, Graef MSZ, Campanelli AP, Garcia RB. Confocal laser scanning microscopy is appropriate to detect viability of enterococcus faecalis in infected dentin. J Endod 2008;34:1198-1201.

Zmener O, Pameijer CH, Macri E. Evaluation of the apical seal in root canals prepared with a new rotary system and obturated with a methacrylate based endodontic sealer: an in vitro study. J Endod 2005;31(5):392-5.

Páginas web consultadas

[-http://www.es.vdw-dental.com/fileadmin/redaktion/z-es/downloads/RECIPROC_User_Brochure_es_view.pdf](http://www.es.vdw-dental.com/fileadmin/redaktion/z-es/downloads/RECIPROC_User_Brochure_es_view.pdf) (consultado el día 12/10/2014).

[-http://www.es.vdw-dental.com/fileadmin/redaktion/z-es/downloads/RECIPROC_User_Card_es_rev2.pdf](http://www.es.vdw-dental.com/fileadmin/redaktion/z-es/downloads/RECIPROC_User_Card_es_rev2.pdf) (consultado el día 12/10/2014).

[-http://www.es.vdw-dental.com/fileadmin/redaktion/z-es/downloads/VDW_catalogue2013_es_rev0.pdf](http://www.es.vdw-dental.com/fileadmin/redaktion/z-es/downloads/VDW_catalogue2013_es_rev0.pdf) (consultado el día 12/10/2014).

[-http://micro-mega.com/en/wp-content/uploads/2012/10/EndoBook_EN1_14_v1.pdf](http://micro-mega.com/en/wp-content/uploads/2012/10/EndoBook_EN1_14_v1.pdf) (consultado el día 09/10/2014).

[-http://micro-mega.com/wp-content/uploads/2014/03/carte_protocole_OS_2volets_mars14.pdf](http://micro-mega.com/wp-content/uploads/2014/03/carte_protocole_OS_2volets_mars14.pdf) (consultado el día 09/10/2014).

C+:

http://www.dentsplymaillefer.com/#/218x624/218x7718/line_218x7728/product_218x7744/ (consultado el día 10/10/2014).

Flexofile:

http://www.dentsplymaillefer.com/#/218x624/218x7718/line_218x7728/product_218x7743/ (consultado el día 21/12/2014).

One Shape:

http://micro-mega.com/en/wp-content/uploads/2012/10/brochure_OneShapeNG_EN1_v1.pdf (consultado el día 09/10/2014).

Proglider:

http://www.dentsplymaillefer.com/#/218x624/line_218x7950/product_218x9225 (consultado el día 09/10/2014).

Reciproc:

http://www.es.vdw-dental.com/fileadmin/redaktion/z-es/downloads/RECIPROC_Product_Brochure_A4_es_view.pdf (consultado el día 12/10/2014).

WaveOne:

http://www.dentsplymaillefer.com/#/218x624/218x7718/line_218x7727/product_218x8642/