



Universidad
Nacional
de Córdoba



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

ESCUELA DE POSGRADO

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA MICROESTRUCTURA
DENTINARIA EN DIENTES CON DISTINTO GRADO
DE DESARROLLO RADICULAR Y PULPA NECROSADA,
ENFOCADO HACIA LA PROBLEMÁTICA DE SU TRATAMIENTO”**

TESISTA:

OD. CARLOS CEJAS

DIRECTOR:

PROF. DR. OMAR GANI

CÓRDOBA, 2019



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Odontología
Escuela de Posgrado

Trabajo de Tesis para optar al Título de Doctor en Odontología

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA MICROESTRUCTURA
DENTINARIA EN DIENTES CON DISTINTO GRADO
DE DESARROLLO RADICULAR Y PULPA NECROSADA,
ENFOCADO HACIA LA PROBLEMÁTICA DE SU TRATAMIENTO**

Od. Carlos Cejas

Director: Prof. Dr. Omar Gani

- 2019 -

Comisión de Tesis

Prof. Dr. Omar Gani

Prof. Dra. María Elsa Gómez de Ferraris

Prof. Dra. Cristina Alicia Maldonado

Jurado

Prof. Dra. María Elsa Gómez de Ferraris

Prof. Dra. Cristina Alicia Maldonado

Prof. Dra. Marta Siragusa

Agradecimientos

*A la **Facultad de Odontología** de la Universidad Nacional de Córdoba por permitirme realizar este proyecto y por la formación que me brindó.*

*A mi Director de Tesis Prof. Dr. **Omar Gani** por su confianza y sabiduría con la cual supo guiarme.*

*A los miembros de la Comisión de Tesis y Jurado, Prof. Dra. **Elsa Gómez de Ferraris**, Prof. Dra. **Cristina Alicia Maldonado** y Prof. Dra. **Marta Siragusa**, por sus aportes y consejos para el enriquecimiento de este trabajo.*

*Al Área de microscopía electrónica (LAMARX) del FaMAF de la U.N.C, y en especial al Prof. Dr. **Albero Riveros**.*

*Al Ing. **Luis Croharé** por su contribución y asesoramiento.*

*A la Facultad de Odontología de la Universidad Federal de Minas Gerais (Brasil), en especial al Prof. Dr. **Allyson Nogueira Moreira**.*

A mis compañeros de la Carrera.

A todas aquellas personas que de alguna manera cooperaron para la realización de este trabajo de Tesis.

Dedicatoria

A mi familia, en especial a mi esposa Carolina que me supo acompañar en este desafío y a mis padres que siempre confiaron en mí.

RESUMEN

El tratamiento en dientes que no completaron el desarrollo radicular y su pulpa se ha necrosado, fue y sigue siendo un problema difícil de resolver. Con resultados inciertos, el tratamiento de apicoformación está siendo sustituido por procedimientos regenerativos, y si bien abundan estudios sobre el tema, poco se valora el terreno endodóntico. Con el fin de conocer aspectos de la microestructura dentinaria que delimita la cavidad pulpar en dientes cuyas pulpas se necrosaron antes que completaran su formación, se efectuaron 3 (tres) estudios: ESTUDIO 1. Análisis microestructural de la pared dentinaria de la cavidad pulpar en dientes en vía de formación. Se conformaron grupos según el diente presentaba: sólo la mitad de su raíz formada (Grupo 1); falta de formación del sector apical (Grupo 2); Raíz formada y conducto inmaduro (Grupo 3) y Dientes formados y maduros (Grupo 4). Sobre cortes longitudinales y mediante MEB, en la superficie dentinaria pulpar dividida en tres sectores (coronario, medio y apical), se analizaron y compararon aspectos generales de su estructura y en particular, el número y diámetro de sus túbulos. ESTUDIO 2. Análisis del contenido mineral de la dentina. Se efectuó mediante el microanálisis por espectroscopía de energía dispersiva (EDS) sobre dientes con desarrollo radicular incompleto (Grupo A) y sobre dientes formados y maduros (Grupo B). ESTUDIO 3. Análisis de la microdureza dentinaria. Al igual que en el Estudio 3, las muestras se distribuyeron en Grupos A y B. Sobre secciones longitudinales de los dientes se determinó la microdureza Knoop en tres sectores de la cavidad pulpar (coronario, medio y apical). RESULTADOS. En términos generales, tanto el análisis comparativo entre valores promedios correspondientes al número de los túbulos como al de sus dimensiones, efectuado entre los tres sectores de los dientes, mostró que entre ellos las diferencias eran estadísticamente significativas ($p < 0,001$). En cambio, el contraste entre grupos mostró que las diferencias eran particularmente significativas ($p < 0,001$), sólo entre grupos extremos. Esto indica que en el diente joven el grado de madurez dentinaria guarda estrecha relación con el grado de formación radicular, y que a menor desarrollo radicular, mayor el número, la amplitud e inmadurez de los túbulos. Evidencia, además, que la formación de la raíz en un diente joven (Grupo 3), no significa que posea "madurez endodóntica", por lo que concuerda más con los grupos en vías de formación, que con el de dientes formados y maduros. En el análisis mineral la relación Ca/P fue de 1,67 en el Grupo A y de 2,08 en el B, mientras que la del Ca/F fue de 76,05 y de 122,51 respectivamente, con diferencias significativas ($p < 0,05$) en ambos casos. Respecto a la microdureza knoop, las diferencias fueron significativamente mayores ($p < 0,05$) en el Grupo B (55,5 HK) que en el Grupo A (42,7 HK), mientras que entre sectores las diferencias sólo fueron significativas ($p < 0,05$) en el Grupo A. CONCLUSIONES: En términos generales, la evidente falta de maduración dentinaria, que se traduce tanto en la estructura tubular como en sus propiedades físicas, hace que la cavidad pulpar en dientes en vías de formación sea un ámbito complejo, poco conocido y escasamente valorado en el momento de diseñar los protocolos para su tratamiento.

SUMMARY

The management of teeth with incomplete root formation and pulp necrosis has always been a difficult problem to solve. Although with uncertain results, regenerative procedures are substituting apical formation, but even when there is a large number of studies on this subject, the endodontic aspect is little considered. Three studies were conducted with the purpose of analyzing features of dentin microstructure bounding the pulp cavity in teeth whose pulps became necrotic before completing their development.

STUDY 1.- Microstructural analysis of the dentin wall of the pulp cavity in developing teeth. For this analysis, teeth were divided into four groups: teeth presenting only half of the root developed (Group 1); lack of development of the apical region (Group 2), a developed root and an immature canal (Group 3); and developed mature teeth (Group 4). General characteristics of the dentin pulp structure, especially the number and diameter of tubules, were analyzed and compared by means of MEB and by longitudinal sections made on the dentin pulp surface which was divided in three portions (coronal, middle and apical).

STUDY 2.- Analysis of the mineral content of the dentin. This study was done by means of microanalysis using energy dispersive spectroscopy (EDS) in teeth with incomplete root development (Group A) and in developed mature teeth (Group B).

STUDY 3.- Analysis of dentin microhardness. As in Study 3, the samples were distributed in Groups A and B. Longitudinal sections were cut through the teeth to determine Knoop microhardness in the three portions of the pulp cavity (coronal, middle and apical).

RESULTS. The comparative analysis between average values corresponding to the number of tubules as well as to their dimensions showed that the differences in the three portions of the teeth were statistically significant ($p < 0.001$). Conversely, the contrast between the groups showed that the differences were particularly significant ($p < 0.001$) only in extreme groups. This finding demonstrates that the degree of dentin maturation in the young tooth is closely related to the degree of root formation; it also reveals that the less the root is developed, the greater the number, width and incomplete maturation of the tubules. In addition, this result shows that the formation of the root in the young tooth (Group 3) does not mean it has reached "endodontic maturation"; therefore, it is more associated with the developing groups than with the group of formed, mature teeth. The analysis of minerals revealed that Ca/P-ratio was 1.67 in Group A and 2.08 in Group B, whereas Ca/F ratio was 76.05 and 122.51 respectively, with significant differences ($p < 0.05$) in both cases. Regarding the Knoop microhardness, the differences were significantly greater ($p < 0.05$) in Group B (55.5 HK) than in Group A (42.7 HK). With respect to the sections, differences were significant ($p < 0.05$) only in Group A.

CONCLUSIONS: In general terms, the evident lack of maturation of the dentin observed in the structure of the tubule, as well as in its physical properties, makes the cavity of the pulp of the teeth in development a complex area, little known and little valued at the time of designing treatment protocols.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
<i>Desarrollo radicular</i>	6
<i>Dentina</i>	8
<i>Infección y desinfección del sistema de conductos</i>	12
<i>Tratamiento: Limpieza y desinfección</i>	17
<i>Medicación tópica</i>	23
<i>Nuevos materiales</i>	26
<i>Endodoncia regenerativa</i>	27
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	33
RESULTADOS	43
<i>ESTUDIO 1.- Análisis de la microestructura dentinaria en la pared de la cavidad pulpar en dientes con distintos grados de desarrollo radicular</i>	
Análisis 1.A.- <i>Número de túbulos según el sector del diente</i>	43
Análisis 1.B.- <i>Diámetro de los túbulos según el sector del diente</i>	49
Análisis 1.C.- <i>Correlación entre la densidad y el diámetro de los túbulos dentinarios</i>	54
Análisis 1.D.- <i>Interpretación de las estructuras dentinarias en imágenes digitalizadas.</i>	55
<i>ESTUDIO 2.- Microanálisis del contenido mineral de la dentina (EDS)</i>	
<i>Distribuciones espectrales de los elementos hallados en las muestras</i>	65
<i>RELACIÓN Ca/P</i>	68
<i>RELACIÓN Ca/F</i>	69
<i>ESTUDIO 3.- Análisis de la microdureza dentinaria</i>	71
DISCUSIÓN	75
CONCLUSIONES	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Realizar un tratamiento, cualquiera que él sea, en un diente que aún no completó la formación de su raíz es, sin duda, un verdadero desafío que el endodoncista debe afrontar en su práctica diaria, primero, porque generalmente se trata de un paciente niño o adolescente, segundo, por las dificultades técnicas que a menudo ofrece y, por último, por la incertidumbre que el resultado del tratamiento ofrece en cuanto a su evolución clínica a distancia.

En términos generales son dos las situaciones que el cuadro nosológico presenta ante el enfoque del tratamiento: que el diente problema tenga pulpa vital o que su pulpa esté necrosada.

De acuerdo a esta situación clínica, el tratamiento adquiere características muy distintas, como así también, designaciones específicas que expresan las particularidades de la intervención a realizar o realizada. Se habla entonces de tratamiento de **“Apicogénesis”, “apexogénesis”** o **“ápicoinducción”** cuando la pulpa del diente a tratar es vital y el propósito buscado es mantenerla sana y activa para que cumpla su función de completar la formación del ápice radicular (Bakland 2000; Rafter 2005), y de **“Apicoformación”** o **“apexificación”**, cuando la pulpa del diente se ha necrosado y el propósito del tratamiento es lograr que una barrera de tejido mineralizado cierre la apertura apical (Berastegui y Ballester 2003).

Cabe destacar que hay autores que también hablan de “Maturogénesis”, pero este es un término relativamente nuevo que pretende ser adoptado como una designación más sólo para el tratamiento en dientes vitales cuando lo que se busca es preservar la vitalidad pulpar en dientes incompletamente desarrollados (Weisleder y Benítez 2003; Atabek y col. 2015).

La "madurez" o completa formación del diente depende casi exclusivamente de la integridad de la pulpa dentaria, cuyos odontoblastos tienen como mandato genético generar dentina a través de una actividad funcional que le es propia y que se la conoce como dentinogénesis, en tanto que, por su parte externa, células extra pulpares se encargan de generar cemento que cubre y protege a la dentina recién formada y, además, contribuye en el mecanismo de fijación del diente.

Si por algún motivo se produce la muerte pulpar antes de que el diente alcance la formación de su ápice radicular, el proceso se detiene y la situación será la de un diente con ápice inconcluso y amplia apertura apical y, por ende, sin estrechamiento y sin constricción.

El cuadro que se presenta es, sin duda, muy complejo y desde el punto de vista clínico, muy rico en dificultades, no sólo para confinar el material de obturación dentro del conducto y lograr un adecuado sellado apical, sino también, para vaciarlo y desinfectarlo, lo que trae como consecuencia el fracaso del tratamiento a mediano o largo plazo

No hay dudas que entre ambos cuadros clínicos las diferencias son muy amplias, ya que en uno la pulpa está vital y generalmente lesionada, pero con posibilidades de ser parcialmente recuperada, mientras que en el otro, como consecuencia de la necrosis pulpar, tanto la cámara como el o los conductos con todas sus ramificaciones macro y microscópicas, se encuentran infectados, y por extensión, también los tejidos periapicales perirradiculares, infección que es imprescindible neutralizar a los efectos de que el tratamiento que se realice alcance a distancia el fin buscado.

Si bien el interés de los endodoncistas por encontrar el tratamiento que solucione este problema lleva el arrastre de un siglo, la realidad, en el día de hoy, refleja que no siempre se consigue que el diente logre la recuperación deseada, aunque hay que admitir que a lo largo de todo ese tiempo hubo avances muy importantes.

Los recientes y tan importantes avances científicos referidos al muy actual tema de la regeneración, que ya había hecho pie en la medicina, hizo que a fines del siglo XX el problema recobrara fuerzas, ya sea reactualizando intentos que fueron fallidos en otros tiempos, o incorporando nuevas metodologías. En efecto, Sato y col., (1993), volvieron al empleo de pastas poliantibióticas como medio de desinfección de los conductos, un procedimiento que Grosmann (1951), a mediados del siglo pasado ya había instalado en el medio para el tratamiento de dientes incompletamente formados con diagnóstico de pulpa necrótica, pero que muy pronto quedó en desuso ya que los resultados no fueron satisfactorios. En las últimas décadas las intervenciones de regeneración dental han avanzado hasta incluir, en la actualidad, técnicas de regeneración tisular con un destacado potencial en el área de la endodoncia, donde ya ocupa un amplio campo, aunque aún se encuentra en la fase experimental, ya que hay aspectos que considerar y uno de ellos es, sin duda, el conocimiento del terreno quirúrgico como principio básico que sustenta el éxito de cualquier intervención endodóntica.

La mayoría de los autores se refieren a las características macroscópicas que ofrece el endodonto de un diente que no completó la formación de su raíz, y son muy pocos los que consideran su aspecto microscópico, razón por la cual, uno de los principales objetivos de este estudio fue tratar de ahondar y, en lo posible, aportar conocimientos sobre la microestructura dentinaria como componente fundamental del terreno endodóntico.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El tratamiento convencional de los conductos radiculares implica la eliminación de pulpa inflamada o necrótica, la conformación biomecánica de sus conductos y finalmente la obturación con materiales específicos. Sin embargo, esta operación que pareciera ser tan simple, a menudo se torna muy compleja si el diente a tratar no ha completado la formación de su raíz.

Un diente con estas características difiere fundamentalmente respecto a un diente maduro. Para Mondragón (1995) *“... las diferencias están en que el conducto es, a menudo, más amplio en el sector apical que en el cervical. Por otra parte, su luz es exageradamente amplia, sus paredes muy delgadas y la apertura apical en forma de embudo”*.

Al problema anatómico se le suma otro no menor como es la infección del endodonto. Un diente con las características antes mencionadas ofrece un espacio que además de permitir, favorece la colonización bacteriana. Por otra parte, del mismo modo que los gérmenes encuentran el lugar ideal para desarrollarse, encuentran también el entorno adecuado para desarrollarse (Kishen, 2012).

No caben dudas que los problemas que ofrece el tratamiento de un diente con desarrollo parcial de su raíz y además con pulpa necrótica parten, precisamente, de la marcada complejidad del terreno endodóntico.

Desarrollo radicular

Según Rafter (2005) y Gómez de Ferraris y Campo Muñoz (2009) entre otros autores, deben pasar tres años desde que el diente erupciona para que se complete la formación radicular y apical, mientras que Gani y col. (2014) consideran que este período es insuficiente para que el diente alcance su formación, y menos aún para hablar de maduración apical.

Para Avery y Chiego (2007) la formación de la raíz comienza cuando concluye la del esmalte. Es el momento en que las células de los epitelios interno y externo se unen y forman una doble capa de células denominada vaina radicular epitelial o vaina epitelial o radicular de Hertwig. Las células de la capa interna de la vaina epitelial proliferan, y a partir de las células externas de la papila dental se inicia la diferenciación de los odontoblastos.

Gómez de Ferraris y Campos Muñoz (2009) consideran que el desarrollo de la raíz se inicia con la proliferación de la vaina de Hertwig, y tiene la particularidad de que

primero lo hace en sentido horizontal formando un diafragma epitelial que separa el tejido conectivo o papila coronaria del tejido mesenquimal de la porción cervical del futuro bloque radicular, ya que es él que define el número y la forma de las raíces. Esto quiere decir que la vaina epitelial cumple una doble función, ya que es inductora y modeladora de la o las raíces. A la primera la ejerce sobre la papila dentaria provocando la diferenciación de células madre o *stem cell* (de origen ectomesenquimático) localizadas en la superficie en preodontoblastos y luego en odontoblastos activos, que sintetizarán el primer depósito de dentina radicular o predentina. Cuando éste alcanza un espesor de 4 a 5µm, comienza la mineralización.

A medida que dichas células forman dentina y ésta se mineraliza, la lámina epitelial interna, ya sin función específica, se destruye por falta de nutrición que provenía del tejido pulpar. Simultáneamente, las células de la lámina externa de la vaina actúan sobre las células mesenquimáticas del folículo o saco dentario, y se diferencian en cementoblastos que se adosan a la dentina recién formada y comienzan a elaborar cemento. Cumplida esta función, esta lámina también se desintegra y algunos remanentes permanecen como restos epiteliales de Malassez.

Mientras esto ocurre, la vaina epitelial sigue proliferando en sentido apical en torno de la papila dental, a la vez que guía la formación de la estructura dentinaria que por dentro contacta con la papila dental y por fuera se cubre con cemento como un componente inseparable del diente. En su extremo final la vaina epitelial o de Hertwig se pliega hacia el interior y forma otro diafragma epitelial que delimita el agujero apical, el cual, en sus inicios se presenta como amplia apertura y luego, con el transcurrir del tiempo, por efecto de los sucesivos depósitos de dentina por dentro y de cemento por fuera, modifica su forma y reduce sus dimensiones para adquirir las características de foramen. Su presencia tiene como función dar paso a las estructuras vasculares, linfáticas y nerviosas que nutren y dan sensibilidad a la pulpa (Gómez de Ferraris y Campos Muñoz, 2009).

Durante el período de formación radicular, el extremo apical pasa por distintas etapas de formación cuyas características dependen de la longitud del tramo radicular formado.

En base a los distintos estadios, Patterson (1958) elaboró la siguiente clasificación en la que considera 5 (cinco) situaciones morfológicas. Desarrollo parcial de la raíz con apertura apical mayor que el diámetro del conducto.

1. Desarrollo casi completo de la raíz con apertura apical mayor que el diámetro del conducto.

2. Desarrollo completo de la raíz con apertura apical de igual diámetro que el del conducto.
3. Desarrollo completo de la raíz con diámetro en su apertura menor que el del conducto.
4. Desarrollo completo radicular con y foramen formado.

Completada la formación de la raíz, la estructura del ápice radicular adopta muy variadas morfologías que pueden cambiar a través del tiempo. Para el endodoncista es un sector clave. En él se encuentra el sector más estrecho del conducto y la un tanto discutida constricción apical que, según Kuttler (1955), suele coincidir con la transición dentina-cemento (unión cemento-dentinaria), por lo que se considera que es el punto donde la pulpa termina para dar inicio al periodonto. Para el autor antes citado, esta constricción se halla entre 0,5 mm y 1,2 mm del foramen apical, según de la edad del paciente. Por otra parte, es el punto donde la generalidad de los autores coinciden en establecer el límite de la instrumentación y obturación endodóntica (Cohen y col. 1988; Ingle y Bakland 2005).

Comparada esta situación con la de un diente en vías de formación, queda en claro que las diferencias no sólo se manifiestan en la amplitud del conducto sino también en las formas, ya que las paredes en un diente en formación, suelen ser divergentes, paralelas o ligeramente convergentes, según la etapa de formación radicular. Por tanto, a nivel del ápice, en conducto conformaría un cono con base externa (foramen apical) y vértice interno en el sector más estrecho del conducto, situación que depende del largo de la raíz. En cambio, en un diente formado y maduro, la disposición del cono se invierte (Andresen, 1990).

Dentina

La dentina es el tejido mineralizado que le da volumen y forma a los dientes. En el sector coronario está recubierta por el esmalte y en el radicular por cemento. Por dentro delimita la cavidad pulpar donde se aloja la pulpa, que es la que la origina. Gómez de Ferraris y Campos Muñoz (2009) sostienen que está compuesta por un 70% de materia inorgánica, 18% de materia orgánica y 12% de agua.

Según los autores antes citados, la matriz orgánica está constituida por el colágeno que se sintetiza en los odontoblastos y representa el 90% de la matriz. El colágeno tipo I y II representa el 98% de su volumen y los colágenos tipo III y IV el 1,2% y 1% respectivamente y los colágenos tipo IV y VI en muy pequeñas proporciones. Se han detectado proteínas no colágenas que representan el 10% del total. La matriz inorgánica está formada, principalmente, por cristales de hidroxapatita y una cierta cantidad de fosfatos amorfos, carbonatos, sulfatos y oligoelementos como fluoruro, cobre, zinc, hierro

y magnesio entre otros. Los cristales se orientan paralelamente a las fibras colágenas y también dentro de ellas ocupando los espacios entre las moléculas de colágeno que la forman.

En la estructura histológica de la dentina se distinguen dos zonas: La dentina de manto y la dentina circunpular. La dentina de manto es la primera que sintetizan los odontoblastos recién diferenciados. Constituye una delgada capa (predentina o matriz orgánica) ubicada por debajo del esmalte y formada por fibras de colágeno muy gruesas que se disponen en forma ordenada y regular.

Avery y Chiego (2007) señalan que en el momento en que los odontoblastos se activan, forman una red de fibras de colágeno (matriz dentinaria) que a las 24 h se calcifica. Se denomina predentina antes de la calcificación y dentina después de la calcificación. Es en ese momento, cuando la capa mineralizada comienza a cubrir la papila dental, que esta se convierte en pulpa dental. El proceso de dentinogénesis tiene entonces dos fases. La primera es la formación de la matriz de colágeno y la segunda el depósito de cristales de fosfato cálcico (hidroxiapatita). La calcificación inicial se manifiesta como pequeñas vesículas que contienen cristales y que se extienden sobre la superficie de la matriz de colágeno y entre la trama de fibras.

Para Gómez de Ferraris y Campos Muñoz (2009), dichas vesículas, a las que llaman vesículas matriciales, son formaciones esféricas de 100 a 200 nanómetros de diámetro y constituyen la base de la calcificación. Los iones acumulados en ellas precipitan como fosfato cálcico amorfo, para finalmente transformarse en cristales de hidroxiapatita que crecen y terminan por romper las paredes de las vesículas, esparciendo su contenido en la matriz circundante. Estos núcleos de calcificación se fusionan con otros vecinos y constituyen un frente lineal de calcificación.

En cuanto a la dentina circunpular, los autores antes citados expresan que se forma a continuación de la dentina de manto. Los odontoblastos que actúan son los mismos que ya actuaron y que continúan produciendo matriz orgánica. La estructura extracelular difiere de la anterior ya que las fibras son más finas y se disponen irregularmente. La calcificación también es diferente ya que en esta dentina no se forman vesículas matriciales y la mineralización sigue un patrón globular. Esto implica que se produce una aposición de cristales de hidroxiapatita en varios puntos a la vez, formándose núcleos de cristalización globulares llamados calcosferitos, que más tarde se fusionan con sus vecinos. El diámetro de un calcosferito formado oscila desde 3 a 50 μm y su forma puede ser ovoidea, cónica o poligonal. Señalan, a su vez, que la dentina circunpular madura es más mineralizada que la de manto, aunque su estructura

histológica es similar, ya que ambas tienen una matriz calcificada atravesada por túbulos dentinarios. Destacan, a su vez, que durante el proceso de dentinogénesis radicular la síntesis de matriz orgánica es diferente a la de la porción coronaria, ya que las fibrillas de colágeno tipo I (90%) son más delgadas y se disponen paralelamente a la membrana basal. La mineralización en la raíz es más lenta que en la corona y los calcosferitos son más pequeños. Además, los índices de calcio y fósforo son menores en la dentina radicular que en la coronaria.

Las unidades estructurales básicas que constituyen la dentina son los túbulos dentinarios y la matriz intertubular mineralizada. Los túbulos dentinarios son estructuras cónicas muy delgadas que se extienden por todo el espesor de la dentina desde la pulpa hasta su unión con el esmalte o con el cemento. En su interior alojan el líquido tisular y una prolongación odontoblástica (Trowbridge, 1999).

A medida que forman dentina, los odontoblastos, a través de un movimiento centrípeto, se alejan del sector dejando tras de sí una prolongación denominada **proceso odontoblástico**, cuya función será la de segregar, luego, cristales de hidroxiapatita que mineralizarán la matriz que lo rodea, dando inicio a la estructura del tubo dentinario (Abrams y col. 1995).

Los túbulos ocupan toda la masa dentinaria. Byers y col. (1990) señalan que en el sector coronario los túbulos describen un trayecto en "S" itálica, excepto a nivel de las cúspides y del borde incisal que es rectilíneo. A nivel de la raíz la curvatura de los túbulos es poco pronunciada. La causa de estas variantes es el apiñamiento que presentan los odontoblastos durante la formación de la dentina.

Los túbulos dentinarios le confieren a la dentina un aspecto muy particular. Pashley y Walton (2004) señalan que su densidad varía de 40.000 a 70.000 túbulos por mm². Trowbridge y Kim (1999) afirman que ocupan del 20% al 30% del volumen total de la dentina intacta. Para Gómez de Ferraris y Campos Muñoz (2009) su densidad es mayor en cercanías de la pulpa (entre 45.000 a 65.000 por mm²), mientras que en la periferia se reducen a menos de la mitad (entre 15.000 y 20.000 por mm²), en la dentina radicular, junto al área pulpar, es de 24.000 por mm² y de 12.000 por mm² en la cercanía del cemento. Para Avery y Chiego (2007) en la dentina vecina a la pulpa su frecuencia oscila entre los 30.000 y 50.000 túbulos por mm² y señalan, a su vez, que son más numerosos en la corona que en la raíz.

Según Gómez de Ferraris y Campos Muñoz (2009) la amplitud de los túbulos varía desde dentro, donde pueden medir aproximadamente 5 µm de diámetro, hacia la dentina superficial donde muestran un notable estrechamiento (~ 1,7 µm). Según Avery y

Chiego (2007) los túbulos miden entre 3 y 4 μm junto a la pulpa y 1 μm en sus extremos externos.

A los túbulos dentinarios los circunscribe una pared muy mineralizada y carente de colágeno denominada dentina peritubular. Se forma cuando concluye la mineralización de la dentina intertubular, y su depósito centrípeto, lento y gradual reduce lentamente su luz (Trowbridge, 1999). Los encargados de formar esta pared son los procesos odontoblasticos que secretan la matriz dentro de los túbulos mientras están activos (Goldberg y Lasfargues, 1995). En dientes jóvenes el espesor de la dentina peritubular es de 400 μm junto a la pulpa y de 750 μm en la vecindad de la conexión amelodentinaria (Gómez de Ferraris y Capos Muñoz, 2009).

La matriz intertubular se distribuye entre las paredes de los túbulos y su componente fundamental son las fibras colágenas que forman una malla en la que se depositan los cristales de hidroxapatita (Trowbridge, 1999).

La formación de dentina comienza como dentina primaria, luego como secundaria y por último como dentina terciaria. Sus características, según Avery y Chiego (2007) son:

Dentina primaria: Constituida por la dentina del manto y la dentina circumpulpar. Constituye la mayor parte de la dentina coronaria y radicular, se caracteriza por la continuidad de los túbulos desde la pulpa a la unión con el esmalte y el cemento y por las líneas de incremento que indican un patrón de depósito rítmico diario de unos 4 nm de espesor. Su formación se inicia con la dentinogénesis y concluye cuando el diente ocluye

Dentina secundaria: Se desarrolla por dentro de la dentina primaria después que el diente entra en oclusión y cuando aún los ápices no se han formado. En condiciones de normalidad, con ritmo menor, su formación continúa durante toda la vida. Completa la formación de la raíz, por lo que el tercio apical está compuesto sólo por dentina secundaria. El límite entre la dentina primaria y la secundaria se da por un brusco cambio de dirección de los túbulos dentinarios.

Dentina terciaria: O reparativa o reaccional resulta de la estimulación de la pulpa y se forma sólo frente a los odontoblastos activados por el estímulo. Su calidad y cantidad dependen del tipo de estímulo. Su estructura es muy irregular y suele incluir odontoblastos que actuaron en su elaboración. La dentina terciaria deforma la cavidad pulpar y disminuye su volumen.

La predentina, es una banda o matriz de dentina no mineralizada ubicada en la superficie pulpar. Su presencia demuestra que la dentinogénesis tiene dos estadios: en el

primero se deposita una matriz orgánica y en el segundo se suma un componente mineralizado. Este proceso ocurre en la unión de la preentina con la dentina, y a medida que se produce, los odontoblastos migran hacia el interior del conducto. La preentina suele tener un espesor promedio de 150 μm .

Infección y desinfección del sistema de conductos.

Entre los tratamientos endodónticos de rutina, los más complejos son aquellos que requieren abordar los conductos, sea el diente vital o no y para ello, como lo señala Nolla (1960), es de fundamental importancia establecer el grado de maduración del sector apical y sobre todo el vecino al foramen ya que en él se encuentra lo que Kuttler (1955) identificó como constricción cemento-dentinaria. Esto significa que la elección del tratamiento depende no sólo del estado de la pulpa que puede ser vital o necrótico, sino también, del grado de formación que tenga el ápice, a los efectos de que el tratamiento indicado sea el preciso (Weisler y Benitez, 2003).

Uno de los principales problemas que ofrecen los dientes con desarrollo parcial de la raíz y pulpa necrótica es, sin duda, lograr la desinfección de su sistema de conductos, una dificultad que no se presenta en dientes con pulpa sana, ya que está sabiamente protegido por dos estructuras sólidas: el esmalte en el sector coronario y el cemento en el radicular (Banchs y Trope, 2004). No obstante, por distintos motivos a menudo ellos son atacados y destruidos, y es entonces cuando empiezan a actuar, por un lado la agresión, generalmente infecciosa, y por otro, los mecanismos de defensa. Sin embargo, si a través de procesos naturales -que no siempre son suficientes- o bien operatorios, tales agresiones no son controladas, los microorganismos, favorecidos por la estructura tubular de la dentina, vencen las defensas y avanzan hasta provocar una lesión y aun la muerte pulpar, con la consiguiente infección de todo el espacio pulpar, incluida sus ramificaciones macro y microscópicas (Mims y col., 2001; Baumgartner y col., 2004).

El primero en demostrar el proceso de invasión bacteriana a través de los túbulos dentinarios, tanto en dentina cariada como sana, fue Miller en 1894, quien, además, señalaba que la microflora tubular consistía en cocos y bacilos. Pero fue recién en 1965 cuando Kakehashi y col. lograron evidencias experimentales y establecieron claramente el papel fundamental de las bacterias en la enfermedad pulpar y periapical, resultados que fueron luego confirmados por Korzen y col. (1974), quienes analizaron los efectos de la microbiota bucal normal y de la infección por *Streptococcus mutans* en la pulpa y los tejidos periapicales de ratas. En dicho trabajo, los autores concluyen que la severidad de la inflamación pulpar y periapical está directamente relacionada con la cantidad de

microorganismos existentes en el sistema de conductos radiculares y con el tiempo de permanencia de los mismos en su interior.

El sistema de conductos radiculares se presenta como un micro-ambiente muy especial que favorece el establecimiento de un grupo reducido de microorganismos de la microbiota bucal. Las interrelaciones bacterianas y el suplemento nutricional son factores determinantes en el desarrollo de la infección (Sundqvist, 1992).

Un factor selectivo de la microbiota endodóntica es, según Bergenholtz y Crawford (1991), la baja disponibilidad de oxígeno en los conductos radiculares infectados, en particular en la porción apical donde el bajo potencial de óxido-reducción en el tejido necrótico favorece en un principio el crecimiento de bacterias anaerobias facultativas y posteriormente anaerobias estrictas. Las pulpas necróticas presentan una flora polimicrobiana que se caracteriza por una amplia combinación de bacterias, un promedio de 4 a 7 especies por conducto, con predominio de las anaerobias y aproximadamente igual proporción de bacterias Gram positivas y Gram negativas (Baumgartner y Falkler 1991 y Baumgartner y col. 1999).

Basados en numerosos estudios, Sen y col. (1995) sostienen que el sistema de conductos radiculares puede estar altamente infectado y, en consecuencia, alojar microorganismos en todas sus áreas. Para Sundqvist (1976) y Siqueira y col. (2007), las infecciones primarias se caracterizan por ser comunidades variadas (multiespecies) dominadas notoriamente por bacterias anaerobias. Bae y col. (1997) sostienen que la microbiota endodóntica se caracteriza por la presencia de cocos y bacilos. Baumgartner y col. (2003) hablan también de la presencia de filamentos y espiroquetas.

Las especies bacterianas que se detectan con mayor frecuencia en las infecciones primarias, incluidos los casos abscesificados, pertenecen a diversos géneros de bacterias gram negativas (*Fusobacterium*, *Dialister*, *Porphyromonas*, *Prevotella*, *Tannerella*, *Pyramidobacter*, *Treponema*, *Campylobacter* y *Veillonella*) y gram positivas (*Parvimonas*, *Filifactor*, *Pseudoramibacter*, *Streptococcus*, *Propionibacterium*, *Olsenella*, *Actinomyces*, *Peptostreptococcus* y *Eubacterium*) (Ribeiro y col., 2011).

Según Tani-Ishii y col. (1994), la infección del conducto radicular es un proceso dinámico en el que, aparentemente, dominan diferentes especies en cada una de sus fases. Los cambios de composición en la microbiota se deben principalmente a las variaciones que se producen en las condiciones ambientales, en particular las referidas a tensión de oxígeno y la disponibilidad de nutrientes. Para Fabricius y col. (2006), en las fases iniciales del proceso infeccioso predominan las bacterias facultativas. Tras unos

días o semanas, el oxígeno dentro del conducto radicular se agota como consecuencia de la necrosis del tejido y del consumo efectuado por las bacterias facultativas.

Por otra parte, aún no se conoce totalmente la microbiota de la cavidad pulpar. En un estudio, si se quiere reciente, Siqueira y col. (2003) detectaron la presencia de una especie aún no descrita: *Filifactor alocis*. Este microorganismo, detectado bajo técnicas de identificación PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa), fue aislado en el 46% de las muestras estudiadas. Esta frecuencia, relativamente alta de detección de *Filifactor alocis* asociada a infecciones endodónticas, implica la posibilidad de estar involucrada en la patogénesis y mantenimiento de las lesiones perirradiculares. Debido a su alta prevalencia y su relación con otras patologías bucales, particularmente con periodontitis marginal, es una especie potencial para formar parte del restringido grupo de patógenos endodónticos.

Rocas (2001) se refiere a otro microorganismo (*Bacteroides forsythus*), también de reciente identificación, y reclasificado como *Tannerella forsythensis*. Es un bacilo anaerobio estricto Gram negativo que fue descrito en el 52% de las pulpas necróticas estudiadas. En los casos asintomáticos se presentó en un 59,1%, un 40% en periodontitis apical aguda y un 50% en abscesos periapicales agudos. Estos resultados sugieren que existe una asociación entre este microorganismo y la patogénesis de diferentes formas de patologías perirradiculares.

Baumgartner y col. (2003) determinaron la presencia de espiroquetas en conductos radiculares infectados y demostraron la presencia de *Treponema* en 20 de 54 (37%) muestras. Fue *T. socranskii* la especie más frecuentemente detectada (44,9%), seguida por *T. maltophilum* (29,7%), *T. denticola* (28,9%), *T. pectinovorum* (13,7%), y *T. vincentii* (5,1%). Se presentaron asociaciones importantes entre *T. maltophilum* y *T. socranskii*, así como entre *T. maltophilum* y *T. denticola*.

La información obtenida mediante múltiples estudios realizados en casos de infecciones primarias del conductos radicular, hablan del carácter mixto y complejo de la microbiota del sistema de conductos radiculares. Dado el permanente y acelerado avance en las técnicas microbiológicas, hace presumir que periódicamente se identifiquen nuevas especies involucradas en las infecciones pulpares y perirradiculares, así como su repercusión en el perfeccionamiento de la terapéutica medicamentosa en endodóntica.

Partiendo del concepto de que el *E. faecalis* es uno de los microorganismos más resistente al tratamiento, Evans y col, (2002) estudiaron los mecanismos involucrados en su resistencia al hidróxido de calcio. Este estudio confirmó su supervivencia ante dicho medicamento a un pH de 11,1. Una respuesta adaptativa en un pH alcalino y una síntesis

de proteínas inducidas por la tensión superficial parecen jugar un papel menor en la persistencia de *E. faecalis*.

Lima y col. (2001) evaluaron *in vitro* la sensibilidad de biopelículas de *E. faecalis* a ciertas medicaciones antimicrobianas tales como clorhexidina (CHX) 2%, clindamicina y metronidazol. Concluyeron que la combinación de metronidazol con clindamicina reduce significativamente las biopelículas formadas en un día, mientras la clorhexidina fue el único medicamento capaz de eliminar las biopelículas de 1 a 3 días de su formación.

Existen otros factores que han sido investigados con el fin de analizar su posible relación con la persistencia de *E. faecalis* en estas lesiones. Portenier y col., (2002) analizaron los efectos de elementos tales como dentina, matriz de dentina tratada con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) o ácido cítrico, colágeno tipo I y células muertas (*E. faecalis*) sobre la inactivación de la capacidad antimicrobiana de yodo-yoduro de potasio y digluconato de clorhexidina contra *E. faecalis*. La matriz de dentina y las células muertas fueron los inhibidores más potentes de la clorhexidina, mientras que la dentina tratada mostró una muy leve inhibición. El yoduro de potasio mostró ser inhibido por todos los componentes evaluados, excepto EDTA y ácido cítrico.

Por otra parte, Gomes y col., (2001), han demostrado la eficacia del hipoclorito de sodio y del digluconato de clorhexidina en la eliminación de *E. faecalis*. Sin embargo, se ha señalado también, que es el microorganismo de mayor supervivencia ante la preparación química y mecánica del sistema de conductos radiculares, aun con el uso de irrigación con hipoclorito de sodio al 2,5%. Así mismo, Vianna y col., (2004), investigaron *in vitro* la actividad antimicrobiana de clorhexidina en gel y líquida al 0,2%, 1%, y 2% sobre *E. faecalis*, comparándola con hipoclorito de sodio al 0,5%, 1%, 2,5%, 4%, y 5,25%. Los autores concluyen que la clorhexidina en gel elimina al microorganismo en 1 minuto mientras las concentraciones al 1% y 2% líquidas requieren exactamente el mismo tiempo que el NaOCl al 5,25% para ejercer su acción antimicrobiana sobre *E. faecalis*.

En cuanto a las vías de infección, hay que tener presente que siempre que la dentina esté expuesta, existe riesgo de infección de la pulpa como consecuencia de la permeabilidad de la dentina normal, inherente a su estructura tubular (Pashley y col., 2004). Otro aspecto a considerar es que la invasión bacteriana de los túbulos dentinarios se produce más rápidamente en pulpas no vitales que en las vitales (Nagaoka y col., 1995). El movimiento hacia el exterior del fluido dentinario y el contenido tubular (incluidas las prolongaciones de los odontoblastos, las fibrillas de colágeno y la lámina limitante que, a modo de vaina, recubre los túbulos), en un diente vital, influye en la

permeabilidad de la dentina y posiblemente retrase la invasión intratubular de las bacterias. Para Lin y col., (1991) y Sen y col. (a-1995), la penetración no supera el tercio interno del espesor de dentina. A menudo los gérmenes se adhieren fuertemente a las paredes del conducto como también lo hace en el cemento periapical como una biopelícula difícil de remover.

Un conducto radicular con pulpa necrótica constituye, según Sassone y col. (2012), un espacio que favorece la colonización bacteriana y proporciona a las bacterias un entorno húmedo, caliente, nutritivo y anaerobio en el que están protegidas en general de las defensas del huésped, debido a la ausencia de una circulación sanguínea activa en el tejido de una pulpa necrótica. Los principales factores ecológicos que determinan la composición de la microbiota del conducto radicular son la tensión de oxígeno, el tipo y la cantidad de nutrientes disponibles y las interacciones bacterianas. También pueden estar implicados factores como la temperatura, el pH y los receptores de adhesinas. En las fases iniciales del proceso infeccioso predominan bacterias facultativas (bacterias que pueden adaptarse para crecer y metabolizar tanto en presencia como en ausencia de oxígeno). Tras unos días o semanas, el oxígeno se ha agotado dentro del conducto radicular como consecuencia de la necrosis de la pulpa y del consumo por parte de las bacterias facultativas. Esto permite desarrollar un ambiente anaerobio que favorece el crecimiento de bacterias anaerobias obligadas que con el paso del tiempo predominan en el conducto radicular. Las principales fuentes de nutrientes de las bacterias que colonizan el sistema del conducto radicular son: a) la pulpa necrótica; b) las proteínas y glucoproteínas de los líquidos tisulares y el exudado que embebe el sistema del conducto radicular a través de los forámenes apical y laterales; c) los componentes de la saliva que pueden penetrar coronalmente en el conducto radicular y d) los productos del metabolismo bacteriano. El autor citado señala que además de estar influidos por las variaciones en los niveles de oxígeno, los cambios en la microbiota que coloniza el sistema del conducto radicular también dependen de la dinámica de los nutrientes. Si bien por su pequeño volumen el tejido pulpar necrótica puede actuar como una fuente de nutrientes finita para las bacterias, la inflamación perirradicular la garantiza, particularmente en forma de proteínas y glucoproteínas presentes en el exudado que baña el conducto. En esta fase del proceso infeccioso comienzan a dominar las bacterias que tienen capacidad proteolítica, razón por la cual las proteínas se convierten en la principal fuente de nutrientes a medida que el proceso infeccioso induce la inflamación perirradicular.

Otros microorganismos presentes son los hongos que pueden colonizar la cavidad oral, pero se los ha encontrado también en el conducto radicular, especialmente en

género *Candida*. La especie *C. albicans* es la que se encuentra con mayor frecuencia en las muestras de conductos radiculares infectados (Siqueira y Sen, 2004).

En cuanto a los virus que son partículas inanimadas compuestas por una molécula de ADN o ARN y una cubierta proteica, necesitan células viables del huésped a las que infectar para replicarse a sí mismos, razón por la cual no pueden sobrevivir en el conducto radicular con pulpa necrótica. De hecho se han descrito virus en el conducto radicular sólo en pulpas vitales y no inflamadas de pacientes infectados con VIH (Glick y col. 1991). También se los ha encontrado en periodontitis apicales sintomáticas donde hay células vivas (Sabeti y Slots, 2004). Al virus simple no se lo relaciona con la enfermedad periapical, pero se lo ha encontrado en algunos conductos (Slots y col, a-2003).

Tratamiento: Limpieza y desinfección

El fin perseguido por el tratamiento endodóntico es facilitar la formación terminal del ápice y, a su vez, lograr la aposición de tejido mineralizado sobre las paredes del conducto lo que aseguraría un mejor pronóstico del mismo. Sin embargo, una de las dificultades que los dientes con desarrollo parcial de la raíz ofrecen es, sin duda, eliminar el tejido necrótico y lograr la desinfección de su sistema de conductos.

El éxito inmediato y mediato del tratamiento endodóntico depende del grado de limpieza y desinfección que se logre dentro del conducto, lo cual, en gran medida, está supeditada a la anatomía de los dientes y del estado pulpar. Entre los procedimientos de rutina, los más complejos son las pulpectomías y los tratamientos para la necrosis pulpar, puesto que exigen abordar los conductos, y en ellos, como dice Nolla (1960), es de vital importancia detectar primero el grado de maduración del tercio apical, y fundamentalmente el del sector próximo al foramen, puesto que en él se encuentra lo que Kuttler (1955) identificó como constricción cemento dentinaria.

Esto significa, según Weisler y Benites (2003), que la elección del tratamiento depende no sólo del estado pulpar, sino también, del grado de formación que tenga el ápice, a los efectos de que el tratamiento indicado sea el preciso, más aún cuando el diagnóstico es de necrosis pulpar.

Por muchos años los ápices incompletamente desarrollados se sellaban a través del conducto o mediante cirugía periapical con retro-obturación de amalgama, hasta que en el año 1966, Frank presentara la técnica de inducción apical que obtenía mediante el uso del hidróxido de calcio. Sin embargo, en nuestro medio, Maisto la utilizaba desde hacía varios años (Maisto y col., 1967), aun antes de que la presentara como "técnica en

una sola sesión”, en la que preparaba y obturaba el conducto en dientes anteriores con ápices no formados con una mezcla de hidróxido de calcio y yodoformo, vehiculizada con carboximetilcelulosa o agua destilada, (Maisto y Capurro, 1964).

Años después, Leonardo y Leal (1998) reafirmaban los principios de aquel tratamiento y destacaban la necesidad de neutralizar mediante la instrumentación e irrigación el contenido séptico-tóxico del conducto radicular. Recomendaban, al igual que lo hicieran Maisto y col. (1967), efectuar una progresiva limpieza del conducto, para evitar la impulsión de restos necróticos hacia el área periapical.

Torneck y col. (1973) señalan que un cuidadoso desbridamiento del conducto es un factor primario para garantizar la formación del ápice, ya que eliminando los productos de descomposición de los tejidos se reduce al mínimo la inflamación periapical. Destacan, a su vez, que la amplitud del conducto en estos dientes es, sin duda, un serio obstáculo ya que impiden aplicar los movimientos tradicionales de la instrumentación e indican un movimiento de limado circunferencial. Recomiendan ser precavidos al tratar estos dientes jóvenes porque sus túbulos dentinarios aún no han alcanzado una calcificación significativa en la dentina intertubular y el suficiente desarrollo de la dentina peritubular. Destacan, además, que la resistencia de la pared dentinaria a la instrumentación es menor y mayores las posibilidades de fractura y resorción en las raíces.

Leonardo y Leal (1998), consideran que la medida de trabajo debe establecerse a 1 mm del ápice radiográfico, y para profundizar la limpieza en el sector apical, recomiendan curvar uno o dos milímetros de la extremidad de una lima tipo K calibre 25, de tal forma que al instrumentar describa un movimiento circular en sentido horario. En el año 2005, Leonardo recomienda un movimiento de vaivén con el mango del instrumento forzado en dirección opuesta a la superficie a ser instrumentada, especialmente para las superficies vestibular y lingual.

Sin embargo, el trabajo de los instrumentos, por sí solo, no bastaba para lograr la limpieza deseada y menos la desinfección de los conductos, ya que también se requería de la acción antiséptica y del arrastre que producen los agentes irrigantes, por lo que se convirtieron en un importante factor a tener en cuenta, aun cuando el tema no era algo nuevo, ya que hay antecedentes de que en los comienzos siglo XX hubieron investigadores que se preocuparon por el tema.

Se han utilizado muy diversas sustancias, sin embargo, desde que Grossman (1957) propusiera una solución reductora (hipoclorito de sodio) alternada con un oxidante (agua oxigenada), el hipoclorito de sodio (NaClO), en distintas soluciones, hasta el

presente no dejó de emplearse, pese a que en el transcurso del tiempo fueron apareciendo otras sustancias.

Por todas sus propiedades y los beneficios que aportan durante el tratamiento, las soluciones irrigantes se convierten en un complemento imprescindible, partiendo de lo más básico que es el arrastre mecánico del detritus y cerrando con un principio esencial como es la desinfección del sistema de conductos. La concentración, la temperatura ideal, la frecuencia de aplicación y los métodos de suministro de los irrigantes, junto con el tiempo requerido para que esas soluciones limpien el conducto radicular tratado, son temas de permanente evaluación. De hecho, se ha demostrado que la alternancia entre tipos específicos de soluciones, o su uso en combinación, mejora la eficacia limpiadora. (Shin y col., 2009).

Las soluciones de hipoclorito de sodio han sido ampliamente utilizadas con el propósito de limpiar los conductos y su concentración, puede variar entre el 0,5% al 5,25%. Durante la Primera Guerra Mundial, Dakin (1915) utilizó soluciones de hipoclorito de sodio en concentraciones del 0,45% y 0,50% para desinfección de heridas abiertas e infectadas. Muy poco tiempo después, Barret (1917) difundió el uso de la solución de Dakin en Odontología, sobre todo para la irrigación de los conductos radiculares y reportó la eficiencia de la solución como antiséptico.

Uno de los pioneros en el empleo de esta sustancia en una solución al 5% (soda clorada) como potente germicida, fue Blass en el año 1926. También Coolidge (1929) y Walker (1936) estuvieron entre los primeros en destacar las propiedades de esta solución. En 1954 Lewis se refiere y recomienda el uso de NaClO hipoclorito de sodio de la marca comercial Clorox, debido a que contiene una concentración del 5.25% de cloro disponible. En un estudio *in vitro*, Shih y col. (1970), demostraron la efectividad de este producto sobre *E. faecalis* y *S. aureus* y Trepagnier y col. (1977), concluyeron que el hipoclorito de sodio al 5% es un potente disolvente del tejido orgánico, y que la dilución de esa solución con agua en partes iguales (2,5%), no afecta apreciablemente su acción solvente.

Harrison y Hand (1981) informan que expusieron muestras de tejido necrótico en diversas concentraciones de hipoclorito de sodio. Una concentración del 2,5% fue aproximadamente un tercio más eficaz que la concentración del 5,25%, y las concentraciones del 1% y del 0,5% fueron completamente ineficaces como disolventes tisulares necróticos.

Byström y Sundqvist, (1985), señalan que a pesar de que el hipoclorito de sodio es ampliamente utilizado en endodoncia, aún no existe un consenso sobre la

concentración ideal. Sin embargo, una irrigación frecuente y copiosa con una solución al 2,5%, puede mantener una reserva suficiente de cloro para eliminar un número significativo de gérmenes, compensando el efecto irritante causado por el uso de una concentración alta. Harrison y col. (1990) llegan, posteriormente, a las mismas conclusiones.

Para Borro y col. (2010) la concentración del hipoclorito de sodio no es un factor que influya en la mayor o menor limpieza de los conductos. Es fundamental el uso de una solución quelante para eliminar el componente inorgánico del barro dentinario y para ello consideran necesaria la activación del irrigante. La irrigación alternada de NaOCl y EDTA, tiene un efecto sinérgico que disminuye la tensión superficial y permite la difusión del NaOCl.

Siqueira y col. (2000), realizaron un estudio in vitro para observar la reducción de *E. faecalis* con instrumentación y soluciones de NaOCl al 1%, 2,5%, 5% y solución salina y comprobaron que el hipoclorito de sodio fue más eficaz que la solución salina. Cárdenas-Bahena y col. (2012) destacan la capacidad que estas soluciones tienen para disolver fragmentos de pulpa y, a su vez, para removerlos del interior del sistema de conductos radiculares. La revisión de la literatura mostró que no se ha estudiado a fondo la concentración de las soluciones de hipoclorito de sodio en su forma comercial mediante titulaciones yodométricas, así como comparar con las concentraciones referidas como idóneas en la literatura (5,25% y 2,5% [p/v]).

Weller y col. (1980) y posteriormente Van der Sluis y col. (2007) relatan que la irrigación ultrasónica pasiva (PUI en inglés) es más eficiente que la irrigación convencional para remover materia orgánica, bacterias y *debrís* dentinario del interior del conducto. Peters y col. (2014) expresan que el efecto ultrasónico acelera la remoción de burbujas de gas que resultan de la liberación de amoníaco y gas carbónico durante la disolución de tejido orgánico por el NaClO, que a menudo quedan atrapadas en el sector apical y que impiden el contacto del irrigante con las paredes del conducto. Sin embargo, trabajos recientes (Mohammadi y col., 2015), muestran que la eficacia de la acción ultrasónica pasiva presenta algunas controversias, ya que, por razones anatómicas, pareciera que el efecto ultrasónico es menos efectivo en el sector apical que en el resto del conducto.

Si se desea utilizar hipoclorito de sodio con activación ultrasónica, Roy y col. (1994) aconsejan hacerlo después de concluida la preparación del conducto, ya que un instrumento de libre oscilación causará mayores efectos sobre la solución irrigante que uno que actúe en contacto con las paredes del conducto. Ahmad (1989) y Van der Sluis y

col. (2007) consideran que si el conducto radicular ya ha sido conformado, el instrumento se moverá libremente y la irrigación podrá penetrar más fácilmente hasta el sector apical del conducto radicular. Con esta metodología no cortante, la posibilidad de crear formas aberrantes dentro del conducto radicular se reducirá al mínimo (Zendher, 2006).

Gutarts y col. (2005) propusieron el uso de un dispositivo dentro del conducto por el cual pasa un flujo de NaClO cuando es activado mediante el ultrasonido, lo que proporciona reposición constante del irrigante. Este método recibe el nombre de Irrigación Continua Ultrasónica (CUI en inglés) y es altamente positivo para la limpieza y desinfección del conducto.

El hipoclorito de sodio, en distintas disoluciones, no dejó de emplearse pese a que a través del tiempo surgieron nuevas sustancias. De todas ellas es la clorhexidina (CHX) la que más atención requiere ya que es la única que compitió con el NaClO y persistió en el tiempo. Ferraz y col. (2001), señalan que en Endodoncia se la utiliza en forma de gel en una concentración del 2% para limpiar y desinfectar los conductos, siendo la sal de digluconato de clorhexidina la solución más empleada. Su consistencia de gel y su alta hidrosolubilidad facilita la remoción de sustancias de dentro del conducto, siempre que se la asocie a la irrigación con suero fisiológico. Gomes y col. (2001), sostienen que aunque se la considera como un agente antimicrobiano de amplio espectro, actúa con mayor especificidad sobre bacterias Gram-positivas, concepto que es compartido por Fardal y Turnbull, (1986) y por Zehnder (2006) entre otros. Por otra parte, además de su actividad antibacteriana, D" Souza y Col, (2008), señalan que la clorhexidina posee sustantividad, es decir, efecto residual que propicia un prolongado efecto antibacteriano. Sin embargo, estudios realizados por Böttcher y col. (2015) demostraron mediante cultivos de dentina, que 30 días después de utilizado aun había desarrollo de células viables.

A pesar de sus ventajas, entre las que se cuenta como muy importante su baja toxicidad (Leonardo, 2005), es la carencia de capacidad para disolver tejidos residuales lo que hace que su uso como agente irrigante del sistema de conductos sea restringido (Böttcher y col., 2015).

Son numerosos los estudios realizados con el fin de analizar comparativamente la efectividad antimicrobiana y de limpieza que posee el NaClO y la clorhexidina, a veces con resultados muy dispares. Soares y Goldberg (2002) señalan que si bien se considera a la clorhexidina como un antiséptico eficiente, no ofrece ventajas sobre el hipoclorito de sodio ya que carece de la capacidad de disolver tejido orgánico y pareciera ser más agresivo. Por el contrario, Weber y col. (2003) y Rôças y Siqueiras, (2011) señalan que el efecto de la clorhexidina es superior que el del NaClO, aun en una concentración

del 5,25%. Lin y col. (2003) encontraron alta efectividad en la mezcla de hidróxido de calcio (CaOH_2) y clorhexidina en la inhibición del crecimiento de *Enterococcus fecalis*, una bacteria rebelde a los antibacterianos.

Al referirse a las sustancias quelantes, Cohen y Burns (2004) expresan que aquellos que contienen ácido etilendiaminotetracético (EDTA) pueden ser empleados en la clínica para evitar muchas frustraciones relacionadas con la limpieza y el remodelado.

El trabajo de los instrumentos durante la preparación del conducto produce partículas de dentina, que asociadas a restos orgánicos, precipitado de los líquidos irrigantes, agentes lubricantes, etc., forman un compuesto (*smear layer*) que suele permanecer adherido a las paredes del conducto, o bien forman masas que obstruyen los conductos en su sector más estrecho e interfieren en su limpieza (Torabinejad y col., 2003). Según Sen y col., (1995) el *smear layer* o capa residual neutraliza los efectos de los antisépticos e interfiere la adhesión y penetración del cemento en la estructura tubular de la pared del conducto. Sugieren, por lo tanto, terminar la preparación del conducto irrigando con EDTA al 17%, dejándolo actuar como mínimo durante 5 minutos.

Según Calt y Serper (2002) el EDTA forma quelatos estables con el calcio, lo que justifica su uso. Es un líquido con un pH neutro de 7,3 y se lo emplea en concentraciones del 17%. Con él se logra reducir a 7 el grado de dureza Knoop de la dentina, cuando en un conducto no tratado normalmente es de 42. Posee escaso efecto antibacterial sobre especies tales como *Streptococcus alfaemoliticum* y *Staphylococcus aureus* y tiene un alto efecto antimicótico. Produce una reacción inflamatoria leve al contacto con tejido blando y su efecto sobre el tejido óseo es similar al de la dentina.

Mandel y col. (1990) consideran que el quelante en solución acuosa se debe reservar para el acabado de la preparación, ya que la solución elimina la película de productos orgánicos e inorgánicos que, por acción de corte de los instrumentos, se deposita sobre las paredes del conducto o se acumula en su interior. McGreevey (1995), señala que si bien se sabe que los instrumentos rotatorios de NiTi arrastran con efectividad los detritos hacia fuera del conducto, también fuerzan este volumen de detrito (barro dentinario) hacia el interior de los túbulos. Como solución del problema, Calt y col. (2002), destaca que la irrigación con EDTA durante un minuto elimina la película formada y abre los túbulos y deja una superficie más limpia. También evaluaron los efectos del EDTA en la estructura de la dentina y en la eliminación del detrito después de aplicaciones por 1 y 10 minutos. Concluyen que la aplicación de EDTA al 17% causa erosión de la dentina intertubular y peritubular por desmineralización y si se le suma NaOCl, en 1 min se remueve completamente el barro dentinario.

Medicación tópica

Concluida la limpieza y desinfección del conducto, el diente queda en condiciones de recibir la medicación intraconducto, y el hidróxido de calcio (Ca(OH)_2), introducido en Odontología por Hermann en 1924 con distintos fines, es, en cierta manera, el material de elección. Ingle y Bakland, (2005) señalan que después de las experiencias realizadas por Teuscher (1938) y Zander, (1939), el hidróxido de calcio se transformó en el agente más recomendado para pulpotomía, en virtud de que se lo consideraba como el más aceptable desde el punto de vista biológico.

Laws (1962) lo propuso como material de obturación, y si bien Kaiser, (1964) y Bouchon (1966) destacan su efecto apexificador, fue Frank (1966) quien lo instala como material de obturación temporaria, y como ya se dijo, fue Maisto el que lo preconizó en nuestro país en forma de pasta alcalina mezclado con iodoformo y vehiculizado con carboxi-metil-celulosa o agua destilada (Maisto y col. 1967). No se conoce aún en profundidad su mecanismo de acción, y algunos autores sostienen que en el proceso interviene la vaina radicular de Herwitg, pero no está debidamente demostrado.

En 1971, Dileswky, buscando la mejor fórmula experimentó distintos agentes o compuestos medicamentosos (hidróxido de calcio, iodoformo, paramonoclorofenol, pasta poliantibiótica entre otros), y los mejores resultados los obtuvo con el hidróxido de calcio. Sjögren y col. (1991) destacan que su efectividad se obtiene a partir del séptimo día de permanencia en el conducto, ya que desde entonces se logra en la dentina interna un pH altamente alcalino, en el cual la mayoría de las bacterias comúnmente aisladas en los conductos infectados no pueden desarrollarse, aunque por su limitado espectro antibacterial, no actúa sobre todos los componentes de la microbiota endodóntica.

En el año 1993, Lee, Monsef y Torabinejad se refieren por primera vez a un material que denominan *Mineral Trioxide Aggregate* (MTA), que es patentado por Torabinejad y White en 1999 y que se comienza a utilizar en el año 2001 (Catalayud y col, 2006), y desde entonces el MTA ha sido investigado y usado en varias intervenciones clínicas odontológicas. El Trióxido Mineral (MTA) está compuesto por partículas hidrofílicas que se endurecen en presencia de humedad. Al hidratarse el polvo se crea un gel coloidal con un pH medio de 12,5 que demora al menos 4 horas en solidificarse (Torabinejad y col. 1999).

Ante estudios de composición química y comportamiento biológico, Torabinejad y col. (1993, 1995) afirman que el MTA es una variante del cemento Portland, al que se le agregó óxido de bismuto con el fin de aumentar su radiopacidad y suavidad, homogeneizar la mezcla y facilitar su manipulación. Oliveira y col. (2007), señalan que el

MTA y el cemento portland poseen componentes y propiedades ultramicroscópicas similares, diferenciándose sólo por el óxido de bismuto que contiene el MTA,

Torabinejad y col. (1995); Koh y col. (1997); Maroto y col. (2004) y Aguado y col. (2009) comprueban, mediante estudios histológicos, que el MTA tiene un sustrato propicio en la activación de los osteoblastos y puede estimular la formación de fosfato de calcio, que favorece la comunicación con el contenido celular. Observan, además, que no sólo es un material de sellado, sino también, que no provoca inflamación y que produce un sustrato biológico y biocompatible activo para la formación de tejidos duros como hueso y cemento. Para Cardoso y col. (2010), los componentes solubles del MTA recién mezclados y los del fraguado poseen capacidad para solubilizar proteínas de la matriz de dentina que estimulan la respuesta celular para la reparación y regeneración de dentina cuando actúa sobre la pulpa.

Las primeras experiencias que se realizaron con el fin de comprobar las bondades del MTA como recubrimiento pulpar fueron realizadas con excelentes resultados por Ford y col. (1996) en dientes de mono. Resultados similares, aunque en pulpas de perros, obtuvieron Faraco y Holland (2001) y Domínguez y col. (2003) quienes afirman que la respuesta del MTA era superior a la obtenida con hidróxido de calcio. A las mismas conclusiones llegan Koh y col. (1998) y Aeinehchi y col. (2003) en dientes humanos quienes, mediante evaluación histológica observaron menor inflamación, mayor grosor en el puente y mayor frecuencia en la formación de la capa odontoblástica con MTA que con hidróxido de calcio.

Muy pronto el MTA se utilizó para la formación de una barrera apical, ya que favorece la formación de hueso y cemento y regeneración del ligamento periodontal. Simancas y col. (2010) destacan, a su vez, que si el MTA actúa a nivel del periápice desencadena una reacción del sistema inmune produciendo citoquinas, células mediadoras del sistema inmune con la capacidad de estimular la formación de tejidos duros como hueso y cemento.

Distintos estudios evidencian su capacidad de sellado y baja solubilidad. Jofee (2002) expresan que una vez endurecido, el MTA no es reabsorbible y que mantiene su estabilidad dimensional en el tiempo, lo que evita futuras microfiltraciones de líquidos y bacterias, puesto que en sólo 4 horas forma una barrera sólida e impermeable. Para Chaple y col. (2007), produce un excelente sellado a la microfiltración y baja solubilidad, permaneciendo estable en la cámara pulpar.

Su excelente sellado marginal y adaptación a la dentina ha sido demostrado mediante distintos estudios. Los resultados obtenidos por Cordero y col. (2001) muestran

que el MTA proporciona mejor adaptación y sellado que los materiales comúnmente utilizados como retro obturadores. En un estudio *in vitro*, Chaple y col. (2007) demostraron que durante un período experimental de 90 días, el sellado apical con MTA fue, comparativamente, el menos permeable. En cambio, en un estudio donde se evaluó la permeabilidad microbiana en el sellado del piso cameral, Ulfohn (2004) observó que en un lapso de 30 días el sellado con MTA de la perforación fue efectivo en un 50% de los casos y sólo en el 10% cuando la valoración se hizo 90 días después. También Maroto y col. (2004), evaluaron el MTA como sellador de perforaciones en la furca, y lo consideran como un material ideal ya que se puede adherir a las paredes de la dentina.

Parirokh y Torabinejad col. (2010) y Rodriguez y Bolaño, (2011) concluyen que el MTA es un material prometedor para la terapia de la pulpa vital, reparación de perforaciones, obturación apical y la formación de la barrera apical en dientes con pulpas necróticas y ápices aún no formados.

Con la incorporación del *Mineral Trioxide Aggregate* (MTA) hecga por Torabinejad y Chivian en 1999 se produjeron significativos cambios en el enfoque del tratamiento de aquellos dientes con raíces incompletamente desarrolladas y pulpas necrosadas. El más importante fue, quizás, realizar el tratamiento en una única sesión. Si el conducto presenta condiciones ideales para la obturación, Witherspoon y Ham, (2001) recomiendan realizar un *plug* apical con MTA y la obturación definitiva en esa primera y única consulta.

Bramante y col, (2004) señalan que si se realiza la obturación con MTA en una misma sesión se disminuyen los riesgos de reinfección del conducto y de los túbulos dentinarios y, en consecuencia, el fracaso de la apexificación. Destaca, a su vez, que el tratamiento en una sesión es más rápido, se crean condiciones que favorecen la reparación y evita los recambios periódicos de la pasta de CaOH_2 . A pesar de los excelentes resultados obtenidos con la técnica del *plug* o tapón de MTA, Andresen (1990) advierte que siempre persiste un grave inconveniente, ya que las paredes de las raíces permanecen delgadas y expuestas a la fractura

Berastegui y Ballester (2003) consideran que la colocación de una base, tapón o *plug* apical de MTA no requiere instrumentación previa del conducto lo que es una ventaja, ya que la instrumentación incrementa el debilitamiento y fractura de las paredes radiculares, especialmente en aquellos dientes que muestran un importante sector de la raíz aún sin desarrollar.

Otro aspecto a tener en cuenta en el tratamiento de un diente cuya raíz aún no completó su formación, inclusive en aquellos tratados con MTA en una única sesión, es,

según Leonardo, (2005), el período que requiere la reparación ápico-periapical, ya que la neoformación de tejido mineralizado requiere entre 3 y 8 meses en dientes con pulpa vital y entre 8 y 14 meses en dientes con lesión periapical crónica.

Nuevos materiales

En el inicio del presente siglo, la ingeniería tisular permitió incorporó a la Odontología nuevos procedimientos técnicos, y el más prometedor, hasta el momento, fue el que sus inicios se conoció como “revascularización pulpar”, sin duda porque se lo asoció con aquellos estudios que Nyagar Otsby, con principios similares y la misma designación, describió a mediados del siglo pasado. Su fin era restaurar, mantener o sustituir la función biológica de algunos tejidos a través de la interacción entre células madre, factores de crecimiento y soporte o matrices biológicas (D’Aquino y col., 2009).

La historia de la Odontología habla de una permanente preocupación por buscar materiales y modos de sustituir tejidos perdidos, en cambio, el fin que persigue la Odontología regenerativa es estimular la sustitución biológica, tanto de los tejidos del diente como aquellos que le sirven de soporte (Ma, 2012). Si bien su inclusión en esta rama de las ciencias de la salud es reciente, hay claros signos de que está modificando ciertos tratamientos, a la vez que ha abierto un amplio campo en la investigación.

Diógenes y col. (2017) señalan que los primeros trabajos que se basaron en los principios de la regeneración de los tejidos dentales se deben a Herman cuando en la década del 30 del siglo pasado utilizó el hidróxido de calcio como protector de la pulpa vital expuesta. También se refiere a Nygaard-Østby por sus intentos en el tema de la revascularización. Cabría mencionar, además, a Grossman (1951) que comenzó a utilizar antibióticos en lugar de antisépticos en la desinfección de conductos infectados, ya que no tenían el efecto irritante que poseían aquéllos sobre los tejidos vivos adyacente encargados de reparar las lesiones periapicales.

Son muchas y variadas las experiencias que en los últimos tiempos se han realizado y hay avances notables en cuanto a la regeneración tisular, con un destacado potencial en el área de la endodoncia, donde ya se observan importantes avances, aunque aún queda muchos por hacer.

Un diente en desarrollo está expuesto a la necrosis pulpar por múltiples causas. El tratamiento tradicional es el de apicoformación mediante el efecto medicamentoso del hidróxido de calcio, que requiere de repetidas y a veces distanciadas sesiones y por lo tanto de mucha manipulación y, en ocasiones, con un incremento en el riesgo de fractura sin que se logre la formación apical, ya que estas técnicas no contribuyen al

fortalecimiento de la raíz, y en ausencia de un desarrollo continuo, sus paredes permanecen delgadas y frágiles (Rafter, 2005; Witherspoon y col., 2008).

La aplicación de un tapón o *plug* de MTA en una única sesión, inmediatamente después de efectuar una profunda limpieza del conducto, tal como lo recomiendan distintos autores (Andresen, 1990; Witherspoon y Ham, 2001; Bramante y col., 2004) significó un brusco cambio en el modo de encarar el tratamiento, ya que al disminuir las sesiones, se ahorra tiempo, y al acortar los tiempos, disminuían el riesgo de fractura del diente, aunque para Andresen (1990), este peligro siempre persiste ya que las paredes de las raíces permanecen delgadas y expuestas a la fractura.

Endodoncia regenerativa

Para Murray y col. (2007), la Endodoncia regenerativa es el conjunto de intervenciones de bases biológicas diseñado con el fin de reemplazar tejidos dañados, como la dentina, la estructura de la raíz y las células del complejo pulpodentinario.

Lo que se busca con esta nueva modalidad en el tratamiento es, como dice Diógenes y col. (2017), tratar de ayudar a la fisiología de los tejidos comprometidos, en este caso el pulpar, para que se complete el desarrollo de la raíz y al depósito de tejido duro en sus paredes.

La Endodoncia regenerativa se basa en las propiedades que tiene un coágulo para cicatrizar y reparar tejidos en un diente parcialmente desarrollado y con diagnóstico de necrosis pulpar, razón por la cual, los estudios efectuados por Nygaard-Østby en el año 1961 y que se sustentan en la hipótesis de que un coágulo de sangre actuaría como el inicio de la reparación, podrían ser considerados como la base de muchas de las investigaciones que se efectúan en la actualidad (Diógenes y col. 2017).

La aplicación de los fundamentos de la ingeniería de tejidos en el desarrollo de la Endodoncia regenerativa requiere de estudios más profundos sobre células madre, factores de crecimiento y soportes. Sin embargo, mientras se avanza, muchos investigadores publican sus experiencias centradas, en su mayoría, en el problema de la desinfección y en el agente que utilizan como desinfectante que, por cierto, son variados.

Según Diógenes y col. (2017), un 51% de los profesionales se inclinan por el uso de la pasta poliantibiótica (compuesta por partes iguales de ciprofloxacina, metronidazol y minociclina), un 30% prefieren el hidróxido de calcio como medicación intraconducto y el resto utiliza los antisépticos tradicionales.

En el año 1996, Sato y col. (1993) reintrodujeron el empleo de los antibióticos para desinfectar los conductos y propusieron una pasta efectiva en dentina infectada por

Escherichia coli, a la que llamaron Pasta Triantibiótica, porque poseía tres antibióticos: Metronidazol, Mynociclina y Ciprofloxacina. Por otra parte, también Hoshino y col. (1996) utilizan una combinación de tres antibióticos (ciprofloxacina, metronidazol y minociclin) para eliminarlas bacterias de la dentina de los conductos, ya que la consideran como un complemento de gran valor para el tratamiento de revascularización, puesto que crea un ambiente favorable para el desarrollo de vasos y células. La eficacia de la mezcla de antibióticos fue experimentada en un estudio en perros, en el que trataron 60 dientes inmaduros previamente infectados. Se extrajeron muestras del conducto en tres momentos: Antes y después de irrigar los conductos con hipoclorito de sodio al 1,25% y 2 semanas después de llenar el conducto con la pasta triple antibiótico. Previo a la irrigación, todos los conductos dieron resultados positivos. Después de la irrigación, el 10% dio resultados negativos y al cabo de las 2 semanas, el 70% de los dientes no tenían bacterias, lo que quiere decir que un 30% permaneció infectado.

En cuanto al hidróxido de calcio (el segundo material más utilizado como medicación antiséptica), parece ser menos eficaz sobre ciertas especies de bacterias que las formulaciones de pastas antibióticas (Sabrah y col., 2013). Su uso se asocia a una menor citotoxicidad y a la liberación de importantes factores de crecimiento bioactivos de la dentina tratada (Ruparel y col., 2012). Otro factor a considerar es el retiro del medicamento del conducto. En un estudio efectuado mediante el uso de marcadores radioactivos, BerKhoff y col. (2014), mostraron que el 80% de la pasta triple no pudo retirarse, ya que estaba dentro de los túbulos. En cambio, más del 80% del hidróxido de calcio pudo ser retirado, mientras que el remanente permanecía adherido a las paredes del conducto, dato que es muy importante, ya que el al quedar adosado a las paredes dentinarias, podría tener algún efecto sobre las células madres.

Una variante que en los últimos tiempos se observa respecto al aspecto técnico en el tratamiento, es que los autores ya no recomiendan instrumentar los conductos, hecho que disminuiría el problema de la fractura radicular. La no instrumentación del conducto, según Paula-Silva y col. (2009), evita la formación de una capa de barro dentinario que generalmente obstruye la luz de los túbulos, pero, por otra parte, no se removerían las biopelículas remanentes en paredes y túbulos dentinarios, problema que aún no se ha evaluado debidamente, aunque la falta de instrumentación y la detección de gérmenes en la dentina apical se han propuesto como posibles causas del eventual fracaso de la regeneración (Paula-Silva y col. 2009). Conviene recordar que la Endodoncia regenerativa requiere de una segura desinfección del conducto y que el protocolo aplicado se basa sólo en el método químico, puesto que el quimio-mecánico está descartado (Diogenes y col., 2017).

Para Hargreaves (2008), el tratamiento de dientes con ápice inmaduros se basa en la teoría de que en ausencia de bacterias y de tejido necrótico y en presencia de un andamiaje apropiado y de células madre dentro del espacio del conducto radicular, la regeneración del tejido de la pulpa sería factible. Además, informes clínicos, generalmente mediante casos aislados, indican que las terapias endodónticas basadas en la biología pueden dar como resultado el desarrollo continuo de la raíz, como así también el aumento del grosor de la pared dentinaria y el cierre apical en un diente permanente incompletamente desarrollado y con necrosis pulpar.

En una experiencia clínica, Chen y col. (2012) irrigaron suavemente con hipoclorito de sodio al 5,25% conductos de dientes parcialmente formados e infectados que habían sido limpiados mediante un desbridamiento mecánico mínimo. Como medicamento intracanal entre citas usaron el hidróxido de calcio que colocaron sólo en la mitad coronal del conducto. Pasado el período agudo, indujeron una hemorragia en el espacio del conducto desde los tejidos periapicales. Al sector coronario del conducto lo sellaron con una mezcla de agregado de trióxido mineral (MTA) y solución salina. Al analizar los resultados observaron cinco tipos de respuestas: Tipo 1.- Aumento del engrosamiento de las paredes del conducto y continua formación de la raíz; Tipo 2.- Ausencia significativa del desarrollo de la raíz (vértice romo y cerrado); Tipo 3.- Desarrollo continuo de la raíz; Tipo 4.- Calcificación severa del conducto (obliteración) y Tipo 5.- Formación de una barrera de tejido duro formada entre el tapón MTA coronal y el ápice de la raíz.

Zizka y col. (2016) hacen referencia a estudios que aconsejan el uso breve y en baja concentración de hipoclorito de sodio, medicación con baja concentración de triple pasta antibiótica o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y uso prolongado de EDTA. Destacan que los experimentos demostraron que las bacterias residuales persistieron en los espacios no instrumentados de los conductos y en los istmos, y que era imposible eliminarlos con hipoclorito en dos sesiones clínicas, por lo que considera que obtener un conducto libre de gérmenes mediante el tratamiento del conducto radicular es actualmente inalcanzable. Un tiempo de irrigación reducido y una menor concentración de hipoclorito de sodio deberían conducir a un mayor depósito de tejido duro porque se reduce el daño a las células madre y a la estructura de la dentina. Sin embargo, lo que se logra es una menor reducción de la carga bacteriana y por lo tanto, menores probabilidades de alcanzar el objetivo deseado. Desde este punto de vista, coinciden con Nagata y col. (2014) que afirman que los protocolos de revascularización que utilizaron medicamentos intraconductos ya probados, fueron eficientes en la reducción de bacterias viables. Finalmente, Zizka y col. (2016), recomiendan centrarse en revertir los efectos negativos del hipoclorito y de otras

substancias utilizadas que dañarían la papila apical o la vaina epitelial Hertwig, en lugar de reducir o limitar la función antimicrobiana de los agentes ya probados.

También Nair (2005) se refiere a la complejidad del sistema de conductos radiculares de las raíces de molares mandibulares que no completaron su ápice y la organización de la microbiota como biofilms en áreas inaccesibles del conducto no se pueden eliminar con instrumentos e irrigación en una sola visita. Tal situación demuestran la importancia de la aplicación rigurosa de todas las medidas quimio-mecánicas no antibióticas necesarias para el tratamiento con el fin de modificar los biofilms y reducir la carga microbiana intrarradicular al nivel más bajo posible, de modo que se presuma una respuesta favorable a largo plazo.

Petrino y col. (2010) muestra en sus resultados que la revascularización es una modalidad de tratamiento técnicamente efectiva para el diente inmaduro con periodontitis apical, y realiza las siguientes recomendaciones: 1.- se debe considerar el uso de un anestésico sin vasoconstrictor cuando se trata de inducir hemorragia, 2.- una matriz de colágeno es útil para la colocación controlada de MTA a un nivel deseado y óptimo, 3.- se debe informar sobre la tinción potencial, especialmente en los dientes anteriores cuando la pasta contiene minociclina y 4.- el cumplimiento del plan de tratamiento es significativo para la selección del caso.

Belorov y col. (2011) informan que en la curación de las lesiones apicales en ausencia de tejido vital en el conducto radicular mediante el uso de Augmentine (amoxicilina + ácido clavulánico) es viable, puesto que tiene alta efectividad antibacteriana como medicamento intraconducto. Dado que en su estudio usaron tanto hidróxido de calcio como Augmentine; no queda claro si las respuestas biológicas observadas se deben al efecto de la combinación de ambos medicamentos o a la acción de cada uno de ellos individualmente. En este mismo sentido, Nosrat (2013) afirma que Augmentine podría ser una opción aceptable para la desinfección del conducto radicular en procedimientos de endodoncia regenerativa.

Jeeruphan y col. (2012) expresan que existen tres opciones para el tratamiento de estos dientes: la apexificación con hidróxido de calcio, la apexificación mediante MTA y la revascularización. En la evaluación de los resultados, los autores citados informan que el ancho de la raíz fue significativamente mayor en el grupo de revascularización (28,2%) que el observado en dientes tratados con MTA (0,0%) y con hidróxido de calcio (1,5%). Además, el aumento porcentual de la longitud de la raíz fue significativamente mayor en el grupo de revascularización (14,9%) en comparación con el de MTA (6,1%) y los grupos de apexificación con hidróxido de calcio (0,4%). Por otra parte, la tasa de supervivencia

observada a los 6 meses post-tratamiento de los dientes tratados con revascularización (100%) y los dientes tratados con apexificación MTA (95%) fue mayor que las tasas de supervivencia observadas en los dientes tratados con hidróxido de calcio (77,2%). Durante ese tiempo de tratamiento, el diente es susceptible a la reinfección por filtración coronal y puede ser propenso a la fractura porque el diente que aún no formó su ápice tiene paredes dentinarias delgadas y una raíz corta. Concluyen que la revascularización se asoció con aumentos significativamente mayores en la longitud y el grosor de la raíz en comparación con la apexificación del hidróxido de calcio y la apexificación de la MTA, así como con excelentes tasas de supervivencia general.

En base a la información obtenida a través de la presente revisión bibliográfica, surge la importancia que en el momento de definir el tratamiento en un diente en vías de formación con diagnóstico de necrosis pulpar, adquiere tanto el conocimiento de su anatomía endodóntica, como el del aspecto que ofrece la particular microestructura del terreno donde se va a actuar.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

HIPÓTESIS

El terreno endodóntico en dientes con desarrollo parcial de la raíz difiere morfológicamente no solo al de un diente con desarrollo radicular completo, sino también, a sus aspectos microestructurales y de maduración de la dentina; que propician en la cavidad pulpar un ámbito favorable para la infección y por tanto poco ventajoso para su tratamiento y evolución clínica.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Analizar comparativamente en dientes maduros e inmaduros con distintos grados de desarrollo radicular, aspectos referidos a la microestructura dentinaria enfocada hacia la problemática del tratamiento de apicoformación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar en dientes con distintos grados de desarrollo radicular y madurez endodóntica el aspecto microestructural que ofrece la superficie dentinaria, particularmente lo que respecta al número y dimensiones de sus túbulos.
- Analizar comparativamente en dientes con distintos grados de desarrollo radicular y madurez endodóntica el componente mineral de la dentina en distintos niveles de la raíz.
- Analizar en el espesor dentinario y en distintos niveles de la sección longitudinal de dientes la microdureza dentinaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de analizar comparativamente en dientes con distinto grado de formación radicular, aspectos referidos al terreno endodóntico, enfocados particularmente hacia la microestructura dentinaria, se efectuaron los siguientes estudios:

➤ **ESTUDIO 1.-**

Análisis de la microestructura dentinaria en la pared pulpar en dientes con distintos grados de desarrollo radicular y madurez endodóntica.

- **ANÁLISIS 1.A.-** Número de túbulos según sector y grupo evaluado;
- **ANÁLISIS 1.B.-** Diámetro de los túbulos según sector y grupo evaluado;
- **ANÁLISIS 1.C.-** Correlación densidad - diámetro de los túbulos;
- **ANÁLISIS 1.D.-** Interpretación de la estructura dentinaria según sector y grado de desarrollo radicular.

➤ **ESTUDIO 2.-**

Análisis del contenido mineral de la dentina en dientes en vías de formación.

➤ **ESTUDIO 3.-**

Análisis de la microdureza dentinaria (Microdureza Knoop) en dientes en vías de formación.

ESTUDIO 1.- Análisis de la microestructura dentinaria en la pared pulpar en dientes con distintos grados de desarrollo radicular y madurez endodóntica.

Se utilizaron 40 premolares superiores e inferiores extraídos, en su mayoría, por razones ortodóncicas, que provenían de un almacenamiento de dientes que la Carrera de Especialización en Endodoncia (FO-UNC) posee con fines didácticos y de estudio.

Como etapa inicial del estudio, los dientes fueron fotografiados y radiografiados en sentido ortorradial y mesio-distal, a los efectos de evaluar, en cada uno de ellos, fundamentalmente el grado de desarrollo radicular y de formación y maduración apical, y en base a ello, conformar 4 (cuatro) grupos de 10 muestras cada uno, según se describe a continuación:

Grupo 1. Dientes con desarrollo parcial de su raíz (aproximadamente, la mitad de su volumen).



Fig. 1. Imágenes de dientes que pertenecen al Grupo 1.

Grupo 2.- Dientes con desarrollo incompleto del extremo la raíz (falta de formación del ápice radicular).



Fig. 2. Imágenes de dientes que pertenecen al Grupo 2.

Grupo 3.- Dientes con desarrollo radicular completo y conducto inmaduro (Entre 14 y 17 años).

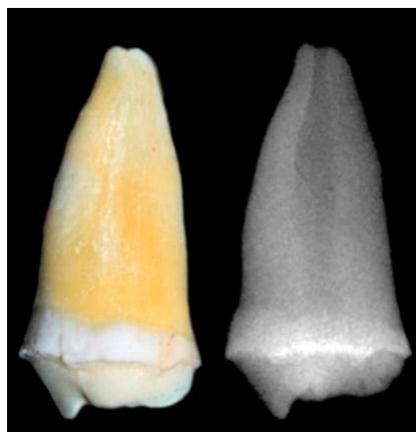


Fig. 3. Imágenes de dientes que pertenecen al Grupo 3.

Grupo 4.- Dientes con desarrollo radicular completo y cavidad pulpar madura.

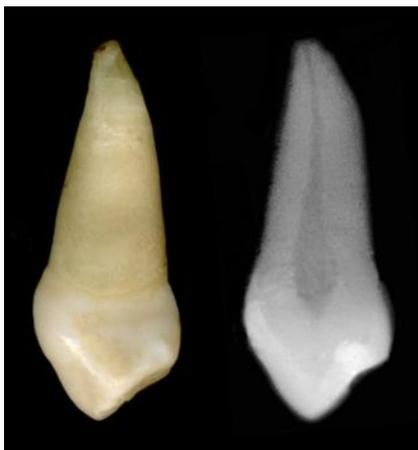


Fig. 4. Imágenes de dientes que pertenecen al Grupo 4.

Con el fin de exponer para su estudio la cavidad pulpar, los dientes se seccionaron longitudinalmente en sentido vestibulo-palatino o lingual. Para ello se utilizó el instrumento de corte de precisión Isomet (*low speed saw*), de BUEHLER (USA), provisto de un disco de corte Buehler de 0,3 mm de espesor (*diamond wafering blade*). Como una de las mitades generalmente quedaba inutilizada, (Fig. 5), se utilizaron aquellas que reunían las mejores condiciones.



Fig. 5. Diente seccionado longitudinalmente.

Previa limpieza con ultrasonido (Fig. 6), las muestras se procesaron según requiere el estudio con Microscopio de Electrones de Barrido (MEB). Se empleó un microscopio con alta resolución (FEG - SEM - Carl Zeiss, Alemania) perteneciente al Laboratorio de Microscopía Electrónica y Análisis por Rayos X (LAMARX) de la Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación (FAMAF) de la Universidad Nacional de Córdoba.

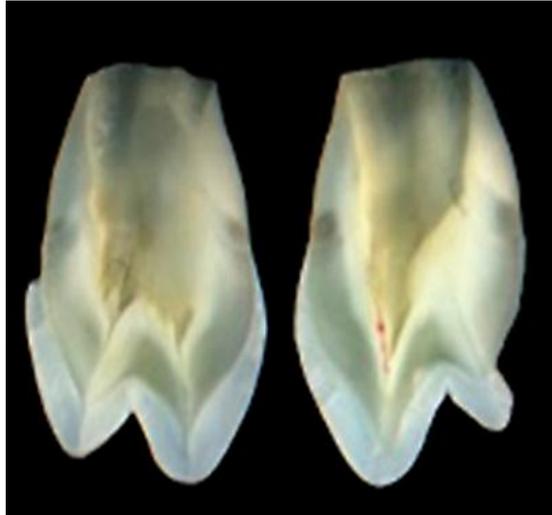


Fig. 6. Secciones longitudinales de dos dientes luego de la limpieza con ultrasonido.

Para estandarizar el análisis, la pared pulpar del diente, cualquiera fuera su longitud o grado de desarrollo del diente, se dividió equidistantemente en tres sectores: **a.- Sector Coronario**, **b.- Sector Medio** y **c.- Sector Apical** (Fig. 7).

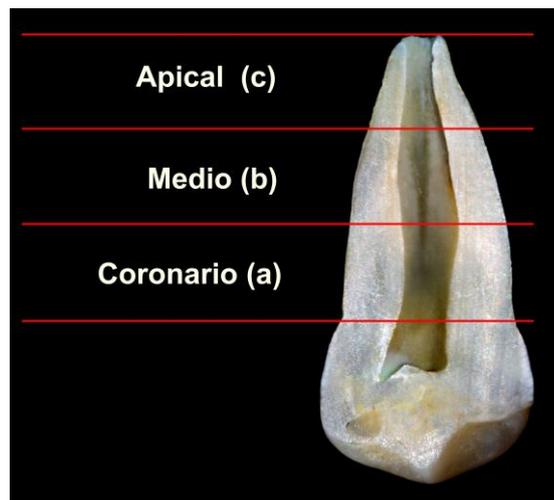


Fig. 7. Sectores que se consideraron en el examen con MEB.

Con un aumento de 1500X, en cada uno de los tres sectores se captaron y digitalizaron 5 imágenes. Para determinar el número de túbulos según el sector y grupo evaluado (**Análisis 1.A**), sobre cada una de las imágenes, se delimitó un área cuadrangular de $3000 \mu\text{m}^2$ y, a su vez, dentro de ella se demarcaron 5 recuadros de $400 \mu\text{m}^2$ cada uno sobre (Fig. 8), y para medir los diámetros de los túbulos según el sector y grupo evaluado (**Análisis 1.B**), sobre las mismas imágenes utilizadas en el análisis precedente, se demarcó, en cada una de ellas, sólo un área de $400 \mu\text{m}^2$ (Fig. 9).

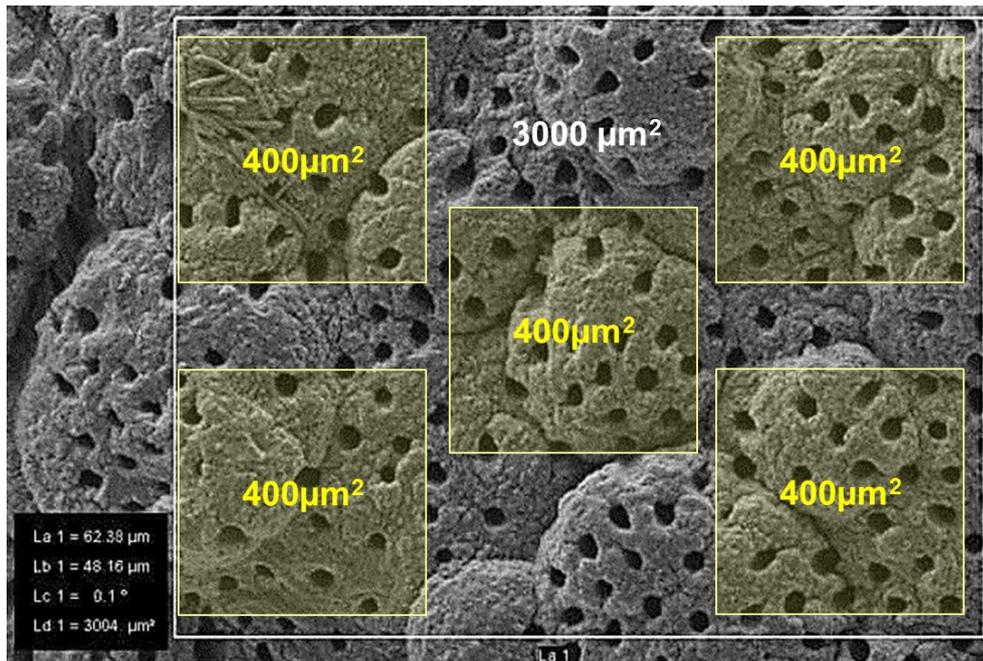


Fig. 8.- Delimitación de las áreas para el conteo de túbulos. Mag. 1,5 kX.

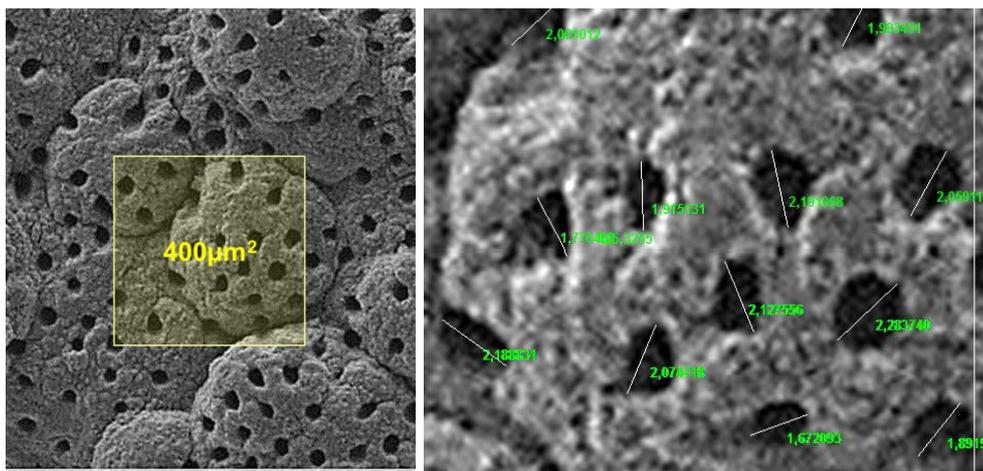


Fig. 9. Medición del calibre de los túbulos. Mag. 50 KX.

Luego, con distintos aumentos (1 kX; 4 kX; 10 kX; 15 kX 20 kX y 30 kX), se tomaron imágenes en áreas o puntos precisos que se consideraron de interés para el posterior análisis de la microestructura dentinaria (**Análisis 1.D**).

Los datos se registraron en tablas diseñadas con ese fin y luego se contrastaron estadísticamente mediante el test ANOVA multifactorial y de comparaciones múltiples entre zonas (Test Fisher), para, finalmente, comparar los resultados de ambos estudios.

ESTUDIO 2.- ANÁLISIS DEL CONTENIDO MINERAL DE LA DENTINA EN DIENTES EN VÍAS DE FORMACIÓN.

El análisis mineral y el estudio microscópico fueron simultáneos, ya que el microscopio está equipado con un detector de energía dispersiva (EDS – Energy Dispersive Spectrometer) que permite realizar un análisis espectrográfico de la composición química de la muestra. El EDS es, por lo tanto, una técnica de microanálisis químico usado en conjunto con MEB.

Se utilizaron los mismos dientes empleadas en el **Estudio 1**, pero en este caso distribuidos en dos grupos (**2.A** y **2.B**), según el grado de desarrollo radicular. El **Grupo 2.A** estuvo compuesto por dientes de los grupos 1, 2 y 3 utilizados en el Estudio 1 y el **Grupo 2.B** por dientes del grupo 4 correspondiente al Estudio 1. El espectrómetro de energía dispersiva (EDS) utilizado genera, a través de un haz focalizado de alta energía, una variedad de señales en la superficie de las muestras, las que revelan información sobre la microestructura que caracteriza la composición elemental de cada muestra.

Con la finalidad de disminuir el error generado en los análisis químicos por las irregularidades que presenta la topografía del tejido en la zona estudiada, se utilizaron áreas grandes, para obtener información semicuantitativa con el EDS.

ESTUDIO 3. ANÁLISIS DE LA MICRODUREZA DENTINARIA (MICRODUREZA KNOOP).

Se utilizaron 12 premolares superiores e inferiores extraídos que reunían las mismas condiciones expuestas en el Estudio 1.

Se conformaron 2 grupos (**3.A** y **3.B**) de 6 dientes cada uno, cuyas características se describen a continuación.

- **Grupo 3.A:** Compuesto por 6 dientes que no completaron su formación radicular (Características de los Grupos iniciales 1, 2, 3).
- **Grupo 3.B:** Compuesto por 6 dientes formados (Característica del Grupo 4).

Para su estudio, los dientes fueron incluidos en resina ortoftálica (Cristal, Belo Horizonte, MG, Brasil) (Fig. 10) y después de 24 h fueron desgastadas por una de sus caras proximales con Isomet 1000 y pulidas con lijas de Al_2O_3 de granulaciones #600 #1000 #1200 #2000 #2500 (Carborundo abrasivo, Recife, PE, Brasil) bajo irrigación con agua.



Fig. 10.- Piezas dentarias incluidas en resina poliéster.

Después de una profunda limpieza, las condiciones de los dientes fueron observadas en un Estereomicroscopio con 50x de aumento.

Mediante un microscopio de medición (Mituyo TM 505. Japón) que posee un eje de coordenadas, en cada diente se establecieron dos referencias: Una cervical (límite amelo-cementario) y otra apical (a 2 mm del ápice), para luego establecer equidistantemente dos referencias intermedias, de modo tal que quedaron establecidos tres niveles (Coronario, medio y apical), niveles en los que se determinó la micro dureza Knoop mediante un microdurómetro HMV® (Micro Hardness Tester, Shimadzu®, Japón).

RESULTADOS

RESULTADOS

ESTUDIO 1.- ANÁLISIS DE LA MICROESTRUCTURA DENTINARIA EN LA PARED DE LA CAVIDAD PULPAR EN DIENTES CON DISTINTOS GRADOS DE DESARROLLO RADICULAR

ANÁLISIS 1.A.- NÚMERO DE TÚBULOS SEGÚN EL SECTOR DEL DIENTE

1.A.1.- Sector Coronario

En la Tabla 1 se muestran los resultados correspondientes al valor medio de los túbulos contabilizados en el Sector Coronario. Queda en claro que a medida que la raíz se desarrolla, en el sector coronario el número de túbulos dentinarios disminuye. El valor $p < 0,001$ surge de la comparación de medias entre grupos mediante el análisis de la varianza (ANOVA de una vía o factor).

Tabla 1.- Conteo de túbulos por mm^2 . Valores medios correspondientes al Sector Coronario de los cuatro grupos analizados y contraste estadístico (ANOVA).

Grado de desarrollo radicular	Sector Coronario - Túbulos por mm^2				Sig. (p-valor)
	Media	DE	Min	Máx	
Grupo 1 (n=10)	57500	2887	52500	62500	$<0,001$
Grupo 2 (n=10)	53750	4290	45000	57500	
Grupo 3 (n=10)	49000	4595	37500	55000	
Grupo 4 (n=10)	42250	4158	35000	47500	
Total (n=40)	50625	6951	35000	62500	

Referencias: DE: desviación estándar, Mín: mínimo, Máx: máximo (n=40).

En la Fig. 11 se expresan los resultados registrados en la Tabla 1. Las letras mayúsculas sobre las barras corresponden a subconjuntos homogéneos. Si las letras son distintas, indica que las diferencias entre grupos son significativas ($p < 0,05$), en cambio, si se repiten, significa que las diferencias entre grupos carecen de significación ($p > 0,05$). Estos resultados surgen de comparaciones múltiples entre grupos llevadas a cabo mediante test *post hoc* DHS de Tukey.

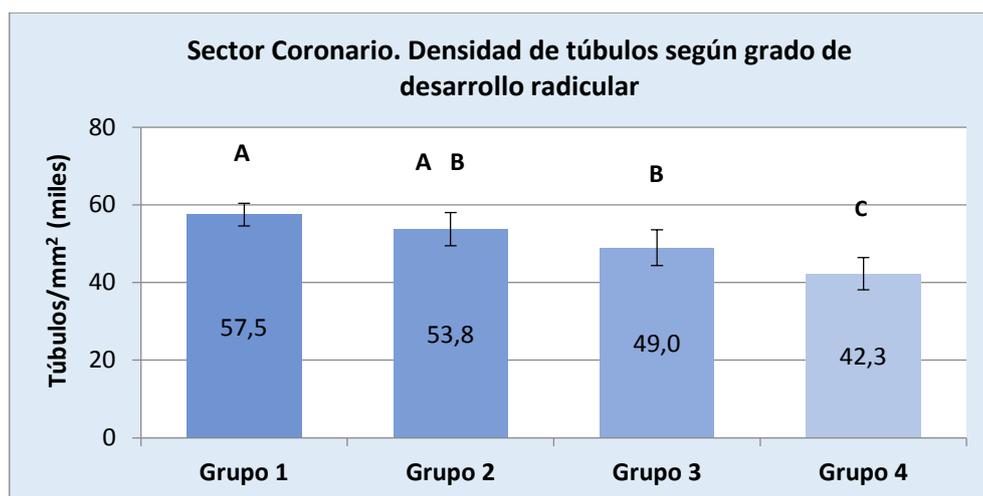


Fig. 11.- Densidad promedio de túbulos según Grupo. Sector Coronario. Media y desviación estándar. Conformación de 3 subconjuntos homogéneos (A, B y C).

1.A.2.- Sector Medio

En la Tabla 2 se muestran los resultados correspondientes al número de túbulos detectados en el Sector Medio de la raíz. También aquí se verifica una disminución en la densidad de túbulos dentinarios en función del desarrollo radicular. El valor de $p < 0,001$ surge de la comparación de medias entre grupos mediante el análisis de la varianza (ANOVA de una vía o factor).

Tabla 2.- Conteo de túbulos por mm^2 . Valores medios correspondientes al Sector Medio de los cuatro grupos analizados y contraste estadístico (ANOVA).

Grado de desarrollo radicular	Sector Medio -Túbulos por mm^2				Sig. (p-valor)
	Media	DE	Min	Máx	
Grupo 1 (n=10)	48000	3873	40000	52500	$<0,001$
Grupo 2 (n=10)	45000	2357	40000	47500	
Grupo 3 (n=10)	36750	6129	27500	47500	
Grupo 4 (n=10)	33500	2415	30000	37500	
Total (n=40)	40813	7102	27500	52500	

Referencias: DE: desviación estándar, Mín: mínimo, Máx: máximo (n=40)

El gráfico de barras (Fig. 12) expresa los valores registrados en la tabla 2. Las letras mayúsculas sobre las barras corresponden a subconjuntos homogéneos. Si son distintas indican que las diferencias entre grupos son significativas ($p < 0,05$), en cambio, si

se repiten significa que las diferencias entre grupos carecen de significación ($p > 0,05$). (Comparaciones múltiples - test *post hoc* DHS de Tukey).

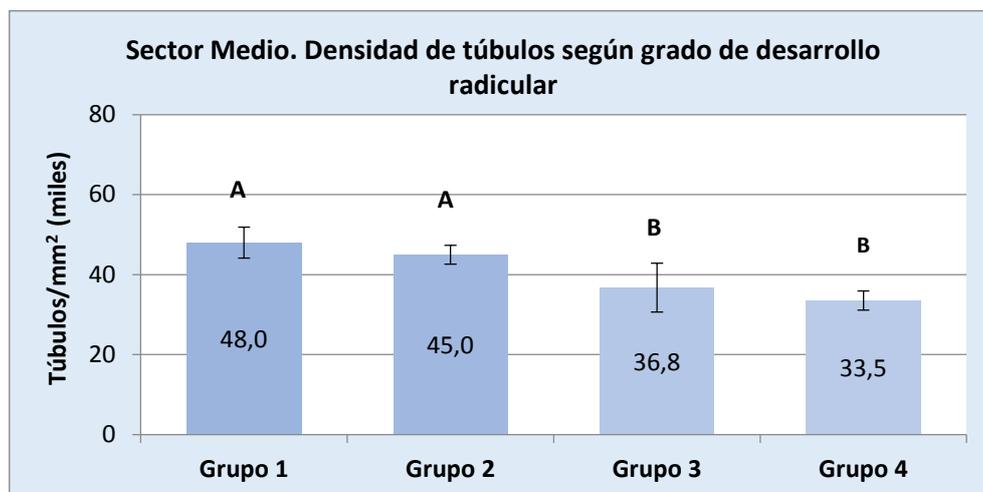


Fig. 12.- Densidad promedio de túbulos según Grupo. Sector Medio. Media y desviación estándar. Conformación de 3 subconjuntos homogéneos (A y B).

1.A.3.- Sector apical

En la Tabla 3 se muestran los resultados correspondientes al número de túbulos contados en el sector apical de la raíz. La tendencia a la disminución en el número de túbulos se mantiene en función del desarrollo radicular, salvo que en este caso las diferencias entre grupos son más notorias, al punto que todos los grupos se diferencian significativamente entre sí. El valor $p < 0,001$ surge de la comparación de medias entre grupos mediante el análisis de la varianza (ANOVA de una vía o factor).

Tabla 3.- Conteo de túbulos por mm^2 . Valores medios correspondientes al Sector Apical de los cuatro grupos analizados y contraste estadístico (ANOVA).

Grado de desarrollo radicular	Sector Apical -Túbulos por mm^2				Sig. (p-valor)
	Media	DE	Min	Máx	
Grupo 1 (n=10)	35750	4091	32500	45000	<0,001
Grupo 2 (n=10)	27250	1419	25000	30000	
Grupo 3 (n=10)	20500	4534	12500	27500	
Grupo 4 (n=10)	13500	2687	10000	17500	
Total (n=40)	24250	8955	10000	45000	

Referencias: DE: desviación estándar, Mín: mínimo, Máx: máximo. (n=40).

En la Fig. 13, y mediante un gráfico de barras, se expresa la media \pm desviación estándar, los resultados registrados en la tabla 3. Las letras mayúsculas sobre las barras corresponden a subconjuntos homogéneos. Si son distintas indican que las diferencias entre grupos son significativas ($p < 0,05$), en cambio, si se repiten significa que las diferencias entre grupos carecen de significación ($p > 0,05$). (Comparaciones múltiples - test *post hoc* DHS de Tukey).

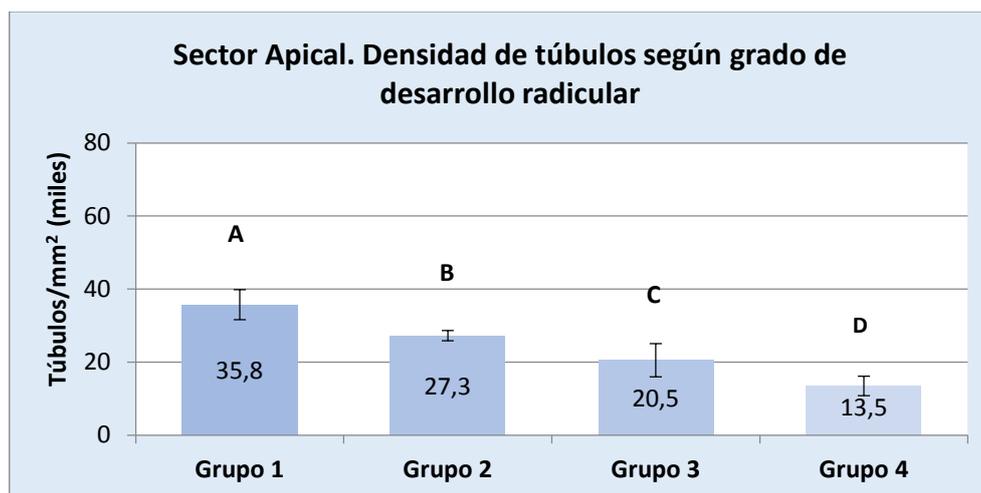


Fig. 13.- Sector Apical. Densidad promedio de túbulos según Grupo. Media y desviación estándar y conformación de 3 subconjuntos homogéneos (A, B, C y D).

1.A.4.- Valores globales de densidad de túbulos según grado de desarrollo radicular.

Tabla 4.- Conteo de túbulos por mm². Análisis de varianza para valores promedio del número global de túbulos en los cuatro grupos analizados (ANOVA).

Grado de desarrollo radicular	Túbulos por mm ²				Sig. (p-valor)
	Media	DE	Min	Máx	
Grupo 1 (n=30)	47083	9718	32500	62500	<i><0,001</i>
Grupo 2 (n=30)	42000	11567	25000	57500	
Grupo 3 (n=30)	35417	12867	12500	55000	
Grupo 4 (n=30)	29750	12618	10000	47500	
Total (n=120)	38563	13346	10000	62500	

Referencias: DE: desviación estándar, Mín: mínimo, Máx: máximo. (n=120).

A manera de síntesis, en la tabla 4 se muestran los valores promedios correspondientes al número de túbulos considerando los distintos sectores analizados a lo largo del trayecto de la cavidad pulpar, resultados que ratifican la tendencia observada en las evaluaciones precedentes, donde el número de túbulos disminuía en función del grado de desarrollo radicular. El valor $p < 0,001$ surge de la comparación de medias entre grupos (Análisis de la varianza - ANOVA de una vía o factor).

En el gráfico de barras de la figura 14 se expresan los resultados registrados en la tabla 4. Si las letras mayúsculas sobre las barras son diferentes indica que las diferencias son significativas ($p < 0,05$), no así si son iguales ($p > 0,05$), resultado que surge de comparaciones múltiples entre grupos realizado mediante test *post hoc* DHS de Tukey.

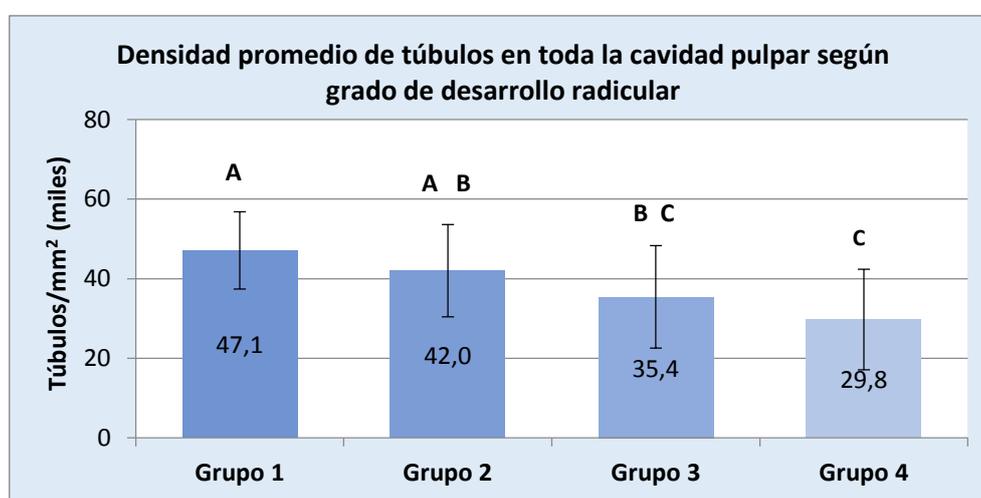


Fig. 14.- Densidad de túbulos: Media y desviación estándar y conformación de subconjuntos homogéneos (3 subconjuntos: A; B y C). Valores globales observados en toda la cavidad pulpar.

1.A.5.- Contraste entre sectores dentro de cada grupo

Para completar el análisis, se contrastaron entre sí, dentro de cada grupo, los valores referidos al número de túbulos correspondientes a cada uno de los tres sectores analizados en la cavidad pulpar, contraste que se efectuó mediante un análisis de la varianza de dos vías o factores, y que evidenció diferencias significativas entre ellos ($p < 0,05$) en todos los casos, aunque las diferencias fueron más manifiestas respecto al sector apical (Tabla 5 y Fig. 15).

Tabla 5.- Conteo de túbulos por mm². Análisis de varianza para valores promedio del número global de túbulos entre los tres sectores del diente analizados (ANOVA).

Sector	Número de túbulos por mm ²				Sig. (p-valor)
	Media	DE	Min	Máx	
Coronario (n=40)	50625	6951	35000	62500	<0,001
Medio (n=40)	40813	7102	27500	52500	
Apical (n=40)	24250	8955	10000	45000	
Total (n=120)	38563	13346	10000	62500	

Referencias: DE: Desviación estándar. Mín: mínimo. Máx: máximo (n=120).

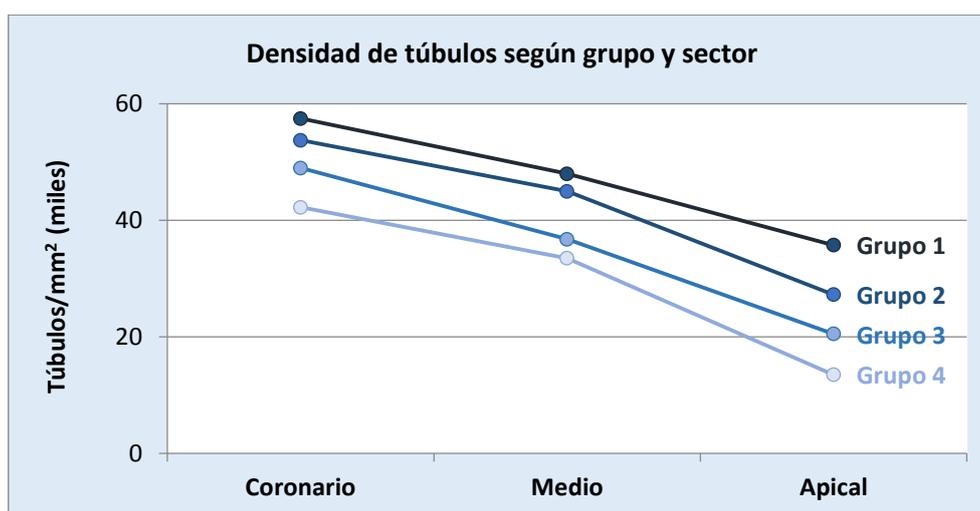


Fig. 15.- Densidad promedio de túbulos por sector dentro de cada grupo: Los puntos representan la media para cada grupo y sector. Las líneas son sólo proyecciones entre medias de un mismo grupo. El contraste entre sectores de un mismo grupo evidenció que las diferencias entre ellos eran significativas ($p < 0,05$) en todos los casos, aunque fueron más manifiestas en el sector apical.

Análisis 1.B. DIÁMETRO DE LOS TÚBULOS SEGÚN EL SECTOR DEL DIENTE

1.B.1.- Sector coronario

En la Tabla 6 se muestran los resultados del análisis sobre el diámetro de los túbulos en el Sector Coronario de la raíz. Queda en claro que a medida que aumenta el desarrollo radicular, menor es el calibre de los túbulos dentinarios. El valor de $p < 0,001$ surge de la comparación de medias entre grupos (grados de formación radicular), mediante el análisis de la varianza (ANOVA de una vía o factor).

Tabla 6.- Diámetro promedio de los túbulos. Valores medios correspondientes al Sector Coronario de los cuatro grupos analizados y contraste estadístico (ANOVA).

Grado de desarrollo radicular	Sector Coronario - Diámetro tubular (μm)				Sig. (p -valor)
	Media	DE	Min	Máx	
Grupo 1 n=10)	3,06	0,03	3,02	3,09	$<0,001$
Grupo 2 (n=10)	2,93	0,03	2,86	2,97	
Grupo 3 (n=10)	2,86	0,02	2,82	2,89	
Grupo 4 (n=10)	2,82	0,08	2,71	2,96	
Total (n=40)	2,91	0,10	2,71	3,09	

Referencias: DE: desviación estándar, Mín: mínimo, Máx: máximo (n=40).

El gráfico de barras (Fig. 16) expresa los valores registrados en la tabla 6. Las letras mayúsculas sobre las barras corresponden a subconjuntos homogéneos. Si coinciden indica que las diferencias entre grupos son significativas ($p > 0,05$) y si se repiten, que carecen de significación ($p > 0,05$) (comparaciones múltiples - test *post hoc* DHS de Tukey).

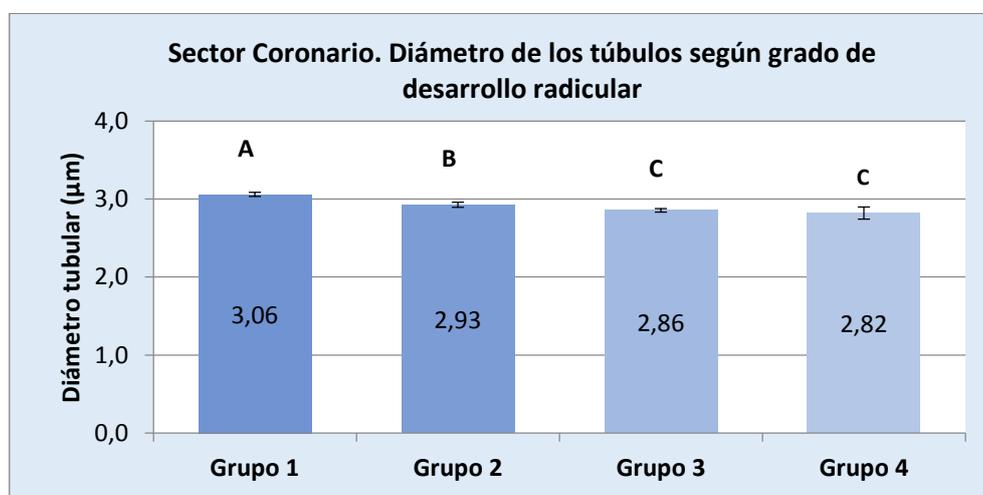


Fig. 16.- Sector Coronario. Diámetro promedio de los túbulos según grado de desarrollo radicular: Media y desviación estándar (Subconjuntos homogéneos: A; B y C).

1.B.2.- Sector medio

En la tabla 7 se muestran los resultados del análisis sobre el diámetro de los túbulos en el Sector Coronario de la raíz. Nótese que con el incremento del desarrollo radicular disminuye ligeramente el calibre de los túbulos dentinarios. El valor de $p < 0,001$ surge de la comparación de medias entre grupos mediante el análisis de la varianza (ANOVA de una vía o factor).

Tabla 7.- Diámetro promedio de los túbulos. Valores medios correspondientes al Sector Medio de los cuatro grupos analizados y contraste estadístico (ANOVA).

Grado de desarrollo radicular	Sector Medio - Diámetro tubular (μm)				Sig. (p-valor)
	Media	DE	Min	Máx	
Grupo 1 (n=10)	2,77	0,16	2,50	2,99	$<0,001$
Grupo 2 (n=10)	2,42	0,01	2,40	2,43	
Grupo 3 (n=10)	2,41	0,03	2,39	2,49	
Grupo 4 (n=10)	2,39	0,07	2,29	2,55	
Total (n=40)	2,50	0,18	2,29	2,99	

Referencias: DE: desviación estándar, Mín: mínimo, Máx: máximo (n=40).

El gráfico de barras (Fig. 17) expresa los valores de la tabla 7. Las letras mayúsculas sobre las barras corresponden a subconjuntos homogéneos. Si coinciden indican que las diferencias entre grupos no son significativas ($p > 0,05$) y si difieren, significa que carecen de significación ($p > 0,05$) (comparaciones múltiples - test *post hoc* DHS de Tukey).

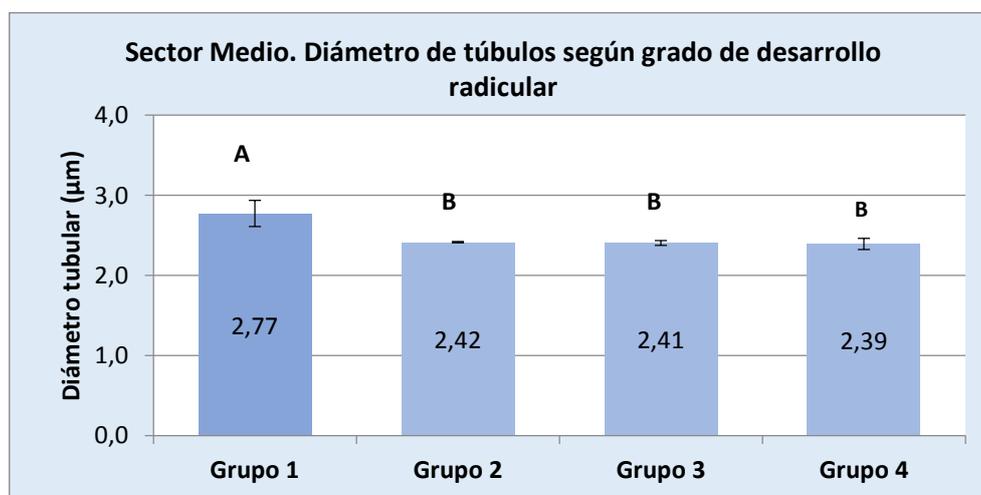


Fig. 17. Sector Medio. Diámetro promedio de los túbulos según grado de desarrollo radicular: Media y desviación estándar. Se conformaron 2 subconjuntos homogéneos (subconjuntos A y B).

1.B.3.- Sector apical

En el Sector Apical las diferencias entre grupos resultaron estadísticamente significativas en relación al tamaño de los diámetros de los túbulos dentinarios ($p < 0,001$) (tabla 8), las diferencias fueron significativas entre todos los grupos.

Tabla 8.- Diámetro promedio de los túbulos. Valores medios correspondientes al Sector Apical de los cuatro grupos analizados y contraste estadístico (ANOVA).

Grado de desarrollo radicular	Sector Apical - Diámetro tubular (μm)				Sig. (p-valor)
	Media	DE	Min	Máx	
Grupo 1 (n=10)	2,71	0,17	2,40	2,93	$<0,001$
Grupo 2 (n=10)	2,34	0,06	2,20	2,39	
Grupo 3 (n=10)	2,11	0,12	1,85	2,30	
Grupo 4 (n=10)	1,85	0,07	1,72	1,97	
Total (n=40)	2,25	0,34	1,72	2,93	

Referencias: DE: desviación estándar, Mín: mínimo, Máx: máximo (n=40).

Mediante un gráfico de barras, en la Fig. 18 se expresa (media \pm desviación estándar), los resultados registrados en la Tabla 8. Las letras mayúsculas sobre las barras corresponden a subconjuntos homogéneos. Si son distintas indican que las diferencias entre grupos son significativas ($p < 0,05$), en cambio, si se repiten significa que las diferencias entre grupos carecen de significación ($p > 0,05$). (Comparaciones múltiples - test *post hoc* DHS de Tukey).

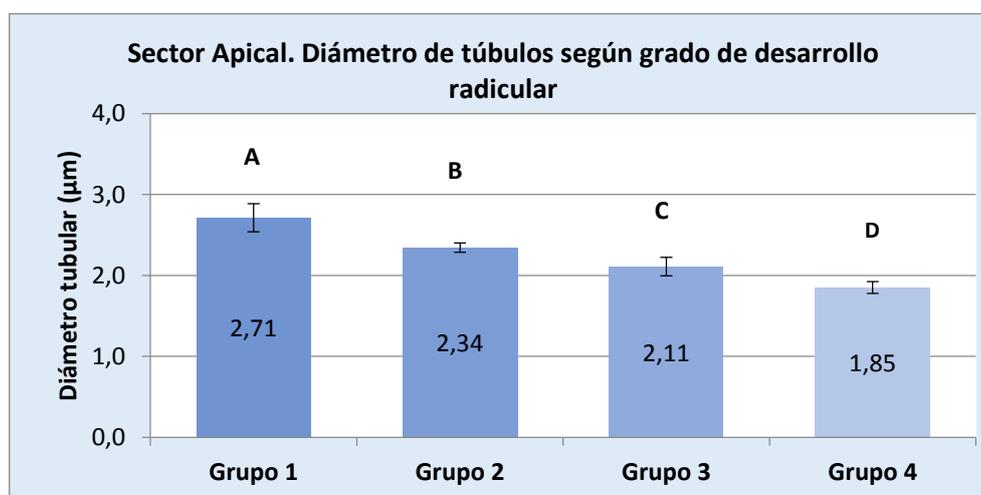


Fig. 18. Sector apical. Diámetro promedio de los túbulos según grado de desarrollo radicular: Media y desviación estándar. Se conformaron 4 subconjuntos homogéneos (subconjuntos A, B, C y D).

1.B.4.- Valores promedio globales de los diámetros de túbulos.

Al igual que en el apartado anterior, en la tabla 9 se muestran, a manera de síntesis los valores promedios correspondientes al diámetro de los túbulos que resultan de la sumatoria de los distintos sectores analizados a lo largo del trayecto de la cavidad pulpar, resultados que ratifican la tendencia observada en las evaluaciones precedentes, donde el diámetro de los túbulos decrece en función del grado de desarrollo radicular. El valor $p < 0,001$ surge de la comparación de medias entre grupos (Análisis de la varianza - ANOVA de una vía o factor).

Tabla 9.- Diámetros de los conductos. Análisis de varianza para valores promedio globales en los cuatro grupos analizados (ANOVA).

Grado de desarrollo radicular	Valoración global. Diámetro tubular (μm)				Sig. (p-valor)
	Media	DE	Min	Máx	
Grupo 1 (n=30)	2,85	0,20	2,40	3,09	$<0,001$
Grupo 2 (n=30)	2,56	0,27	2,20	2,97	
Grupo 3 (n=30)	2,46	0,32	1,85	2,89	
Grupo 4 (n=30)	2,35	0,41	1,72	2,96	
Total (n=120)	2,56	0,36	1,72	3,09	

Referencias: DE: desviación estándar, Mín: mínimo, Máx: máximo. (n=120).

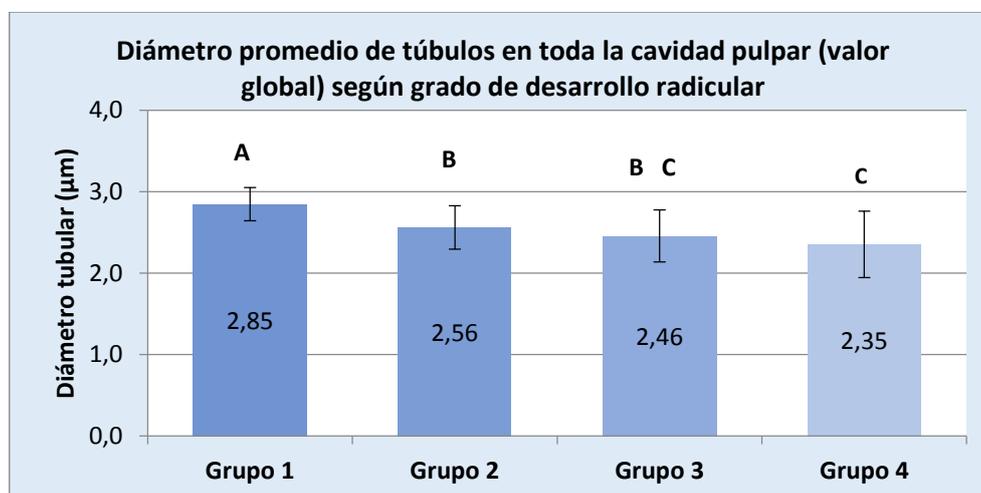


Fig. 19. Diámetro promedio de túbulos en toda la raíz según grado de desarrollo radicular: Media y desviación estándar (n=40) y conformación de subconjuntos homogéneos (3 subconjuntos: A; B y C).

Mediante un gráfico de barras (Fig. 19) se expresan los resultados registrados en la tabla 9. Las letras mayúsculas sobre las barras corresponden a subconjuntos homogéneos. Si coinciden revelan que las diferencias entre grupos no son significativas ($p > 0,05$) y si difieren, indican que carecen de significación ($p > 0,05$) (comparaciones múltiples - test *post hoc* DHS de Tukey).

La tendencia es similar en las tres secciones evaluadas, observándose una disminución del número de túbulos en función del grado de desarrollo radicular.

1.B.5.- Contraste entre sectores dentro de cada grupo

Se contrastaron las distribuciones de valores de diámetro tubular entre los tres sectores de la raíz teniendo en cuenta el grado de desarrollo radicular, para ello se realizó un análisis de la varianza de dos vías o factores, resultando significativas las diferencias entre los tres sectores ($p < 0,05$ en todos los casos) (tabla 10 y figura 20).

Tabla 10.- Diámetro de los conductos. Análisis de varianza para valores de diámetro de túbulos entre los tres sectores del diente analizados (ANOVA).

Sector	Diámetro de los tubular (μm)				Sig. (p-valor)
	Media	DE	Min	Máx	
Coronario (n=40)	2,91	0,10	2,71	3,09	<0,001
Medio (n=40)	2,50	0,18	2,29	2,99	
Apical (n=40)	2,25	0,34	1,72	2,93	
Total (n=120)	2,56	0,36	1,72	3,09	

Referencias: DE: desviación estándar, Mín: mínimo, Máx: máximo (n=120).

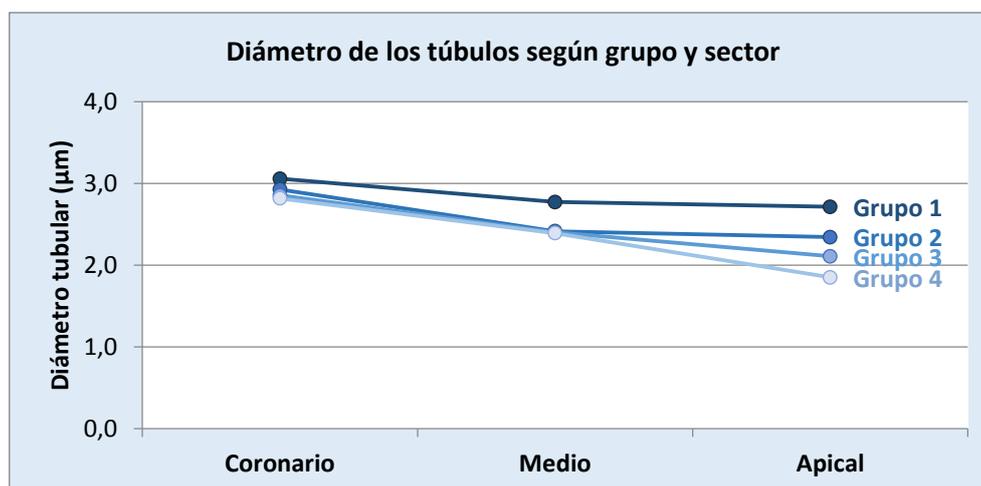


Fig. 20. Diámetro promedio de túbulos según grado de desarrollo radicular y sector de la raíz. Los puntos representan la media para cada grupo y sector. Las líneas son sólo proyecciones entre medias de un mismo grupo. Se destaca el Grupo 1 (raíces que no exceden la mitad de su longitud), ya que poseen los mayores diámetros en todo los sectores. En los grupos restantes los valores son muy similares en los sectores coronario y medio. Sólo en el sector apical los 4 grupos se distancian.

Análisis 1.C.- Correlación entre la densidad y el diámetro de los túbulos dentinarios

La correlación resultó significativa (Corr. de Pearson: $p < 0,001$). En las figuras 21, 22 y 23 se muestran las distribuciones de valores medios correspondientes a ambas variables (densidad y calibre de túbulos dentinarios). En el diagrama de dispersión de la figura 21 se muestra, a través de círculos que representan la media de ambas variables correspondiente a cada sector y grupo evaluados, la tendencia global: **a mayor densidad de túbulos, mayor es el diámetro tubular medio**, lo que implica una correlación directa o positiva entre ambas variables. En la figura 22 se observa la misma distribución, aunque en este caso se identifican cuatro cúmulos de datos, uno por cada grupo. El conjunto de valores asociados al grupo 4 (raíces formadas y maduras) está situado abajo a la izquierda, donde la densidad de túbulos y los diámetros son menores. Los subsiguientes conjuntos, densidad y diámetro tubular, se ubican en forma creciente manteniendo la tendencia incremental descrita anteriormente, indicando, a su vez, que existe correlación entre el grado de desarrollo radicular y las dos variables representadas en los ejes cartesianos (Túbulos /mm² y diámetro de los túbulos). Finalmente, en la figura 23, se tiene en cuenta el sector evaluado (coronario, medio o apical), en este caso, aunque los conjuntos se observan superpuestos, se puede apreciar que el grupo de marcadores correspondientes al sector apical (representado por triángulos), registró los menores diámetros y menores densidades, y el grupo de marcadores correspondientes al sector coronario (círculos rellenos) presenta los mayores densidades y diámetros, en tanto que el conjunto de valores correspondientes al sector medio tuvo mayor dispersión, pero dentro de un rango intermedio entre los sectores extremos.

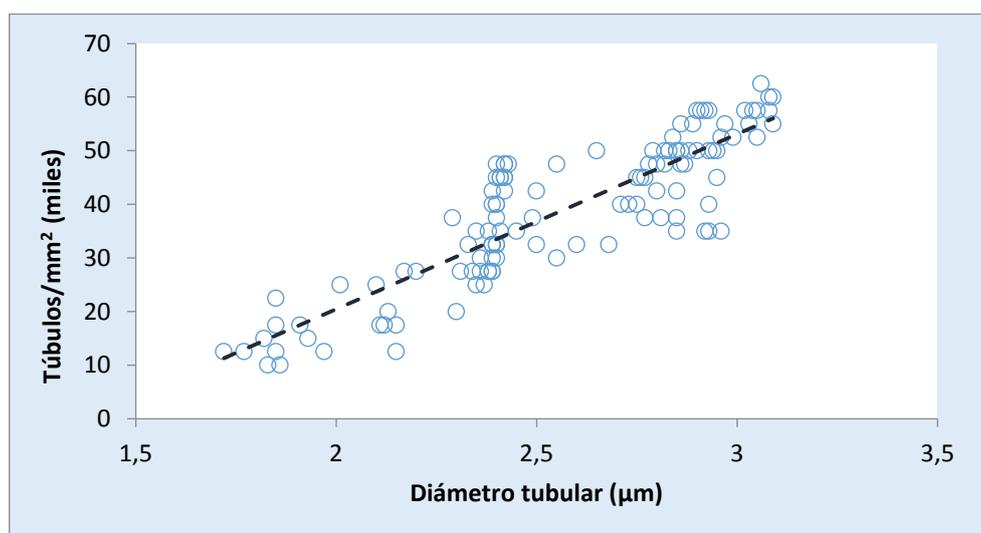


Fig. 21. Diagrama de dispersión: Densidad de túbulos vs diámetro promedio de túbulos: Los círculos representan la media de ambas variables correspondiente a cada área evaluada de todas las secciones y grupos del estudio (n=120). La línea de ajuste (línea discontinua), muestra la tendencia de la correlación, en este caso positiva o directa, a mayores densidades mayores los diámetros.

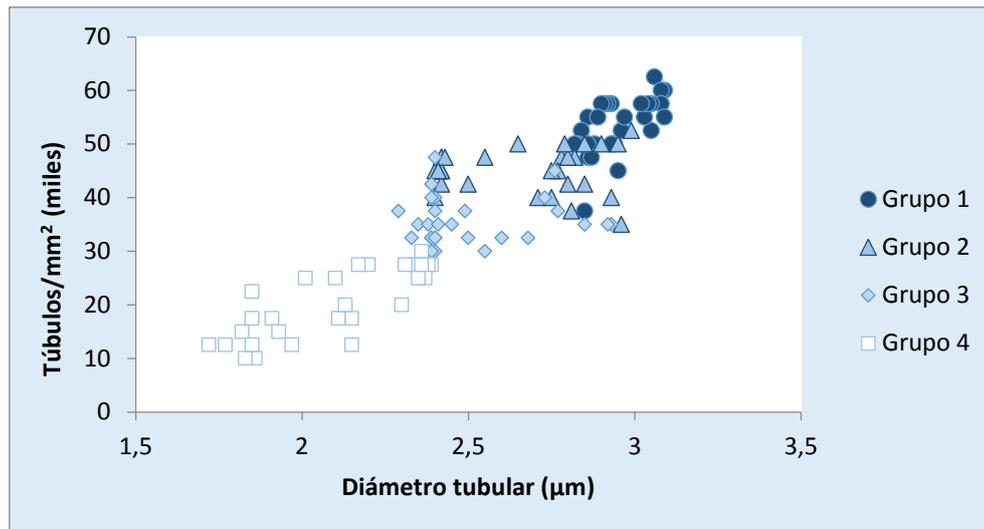


Fig. 22. Diagrama de dispersión: Densidad de túbulos vs diámetro promedio de túbulos según grupo. Se observa con mayor claridad la tendencia conjugada de disminución en el número de túbulos y de sus diámetros en función del desarrollo radicular.

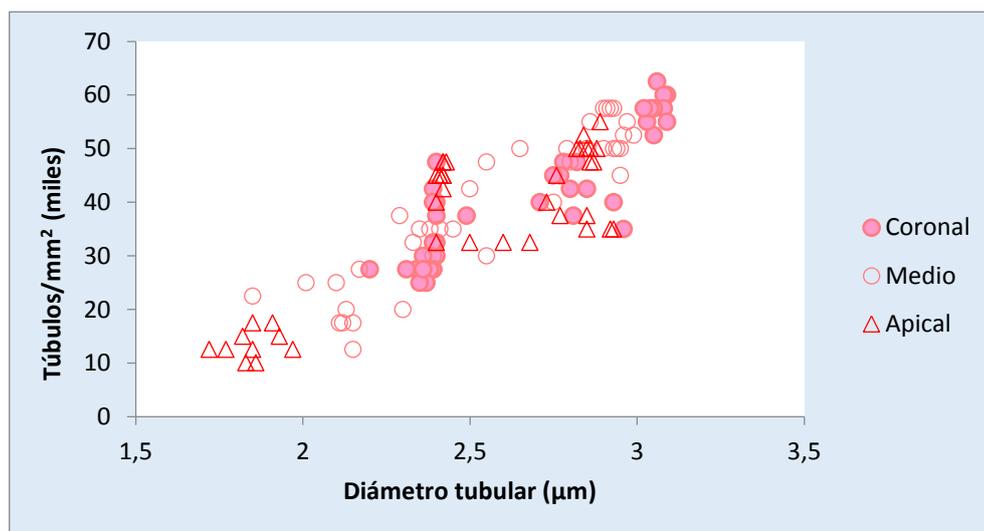


Fig. 23. Diagrama de dispersión: Densidad de túbulos vs diámetro promedio de túbulos según sector. Se muestra la misma distribución de valores para cada sector evaluado de la raíz (coronario, medio y apical).

Análisis 1.D.- Interpretación de las estructuras dentinarias en imágenes digitalizadas.

Llegado el momento de analizar las imágenes, lo primero que se aprecia es la diversidad de situaciones que el tejido dentinario muestra, no sólo a lo largo de su prolongado proceso formativo y de maduración, sino también las que ofrecen las muestras dentro de cada grupo, ya que no siempre respetan un orden cronológico ni

igualdad en sus rasgos identificatorios, motivo por el cual, y a los efectos de simplificar el análisis, sólo se consideraron aspectos sobresalientes y, a su vez, significativos referidos a aspectos de la estructura que hacen al terreno endodóntico en las muestras que componen los cuatro grupos analizados.

Grupo 1.- Dientes con desarrollo parcial de su raíz (aproximadamente la mitad de su volumen)

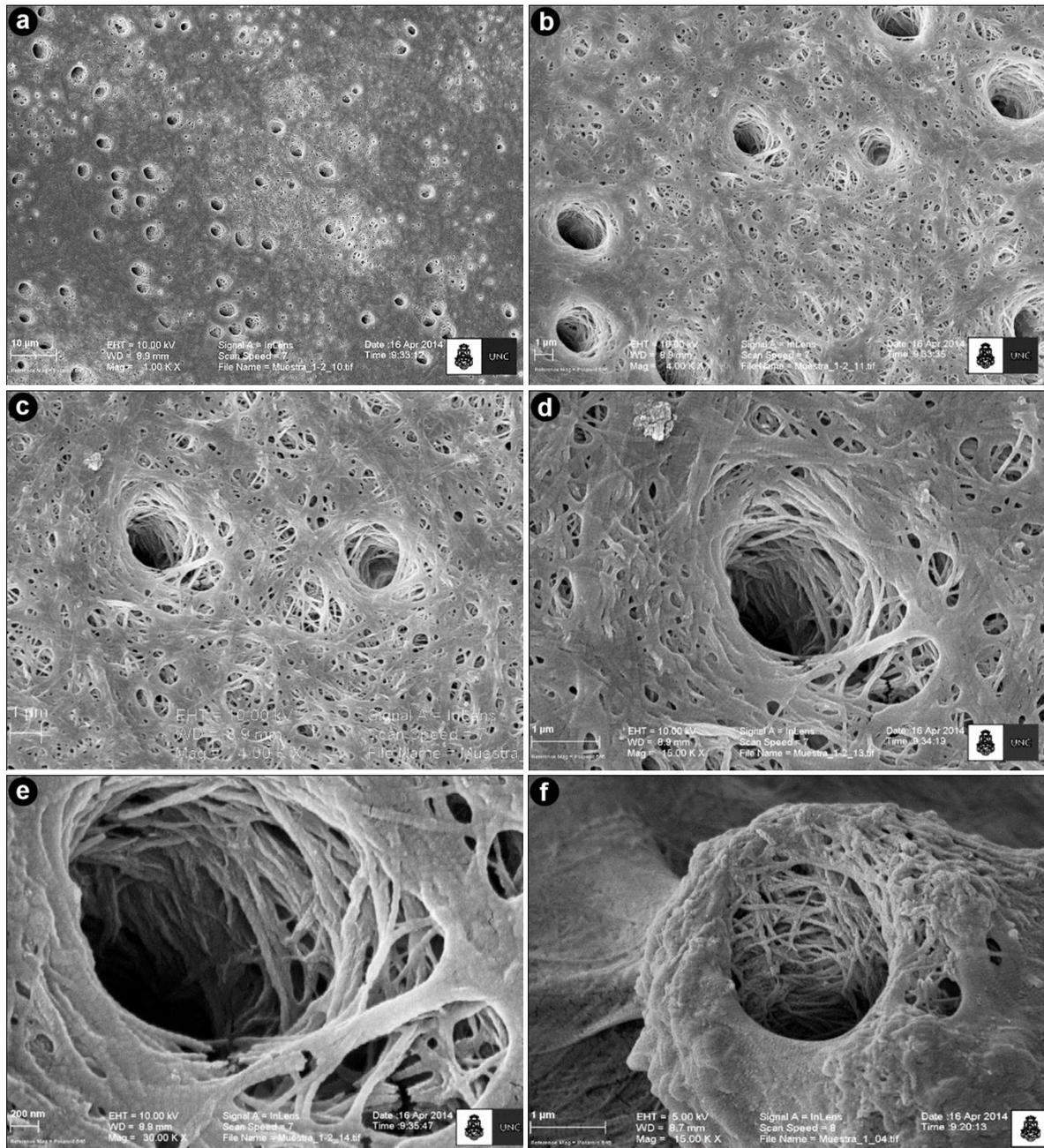


Fig. 24- Grupo 1.- Sector Coronario: Disposición de las fibras colágenas (Trama apretada en la dentina intertubular y en forma de anillos superpuestos en la tubular). Imágenes con distintas magnificaciones: (a) 1,0 kX; (b) 4,0 kX; (c) 6,0 kX; (d) 15,0 kX; (e) 30,0 kX y (f) 15,0 kX.

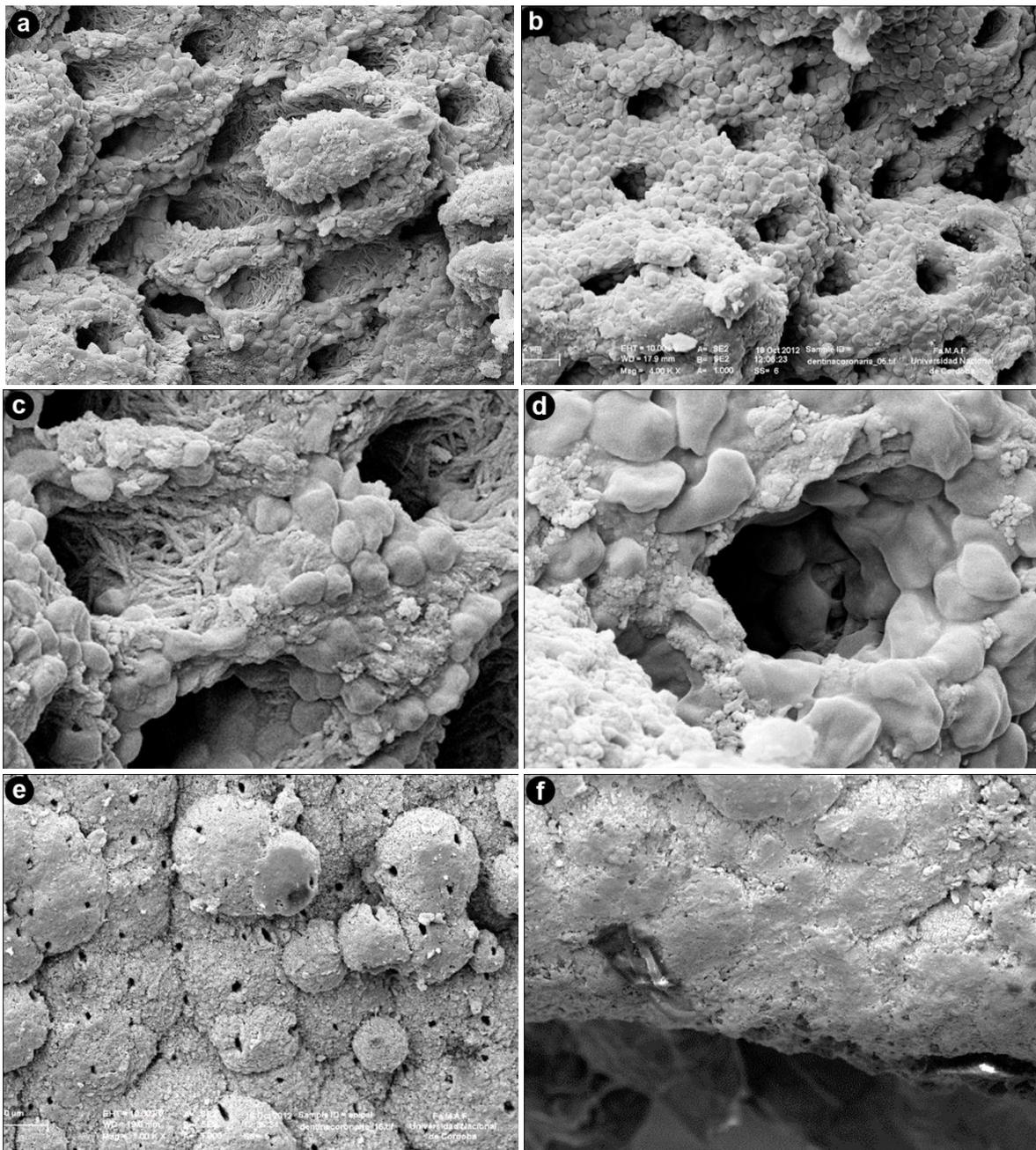
Grupo 1.- Dientes con desarrollo parcial de su raíz (aproximadamente la mitad de su volumen)

Fig. 25.- Grupo 1.- Sector Coronario: (a) y (b) Pared dentinaria con estructura granular. Primeros estadios de la mineralización. (c) Túbulo circunscripto por un contorno granular. En sus paredes se aprecia la trama colágena (10,0 kX). Sector Medio: (d) Túbulo a mayor aumento (20,0 kX). Sector Apical: (e) Calcosferitos. Túbulos de reducidas dimensiones (formación incipiente). (f) Borde de la apertura apical. Estructura rudimentaria. Ausencia de túbulos (1,0 kX).

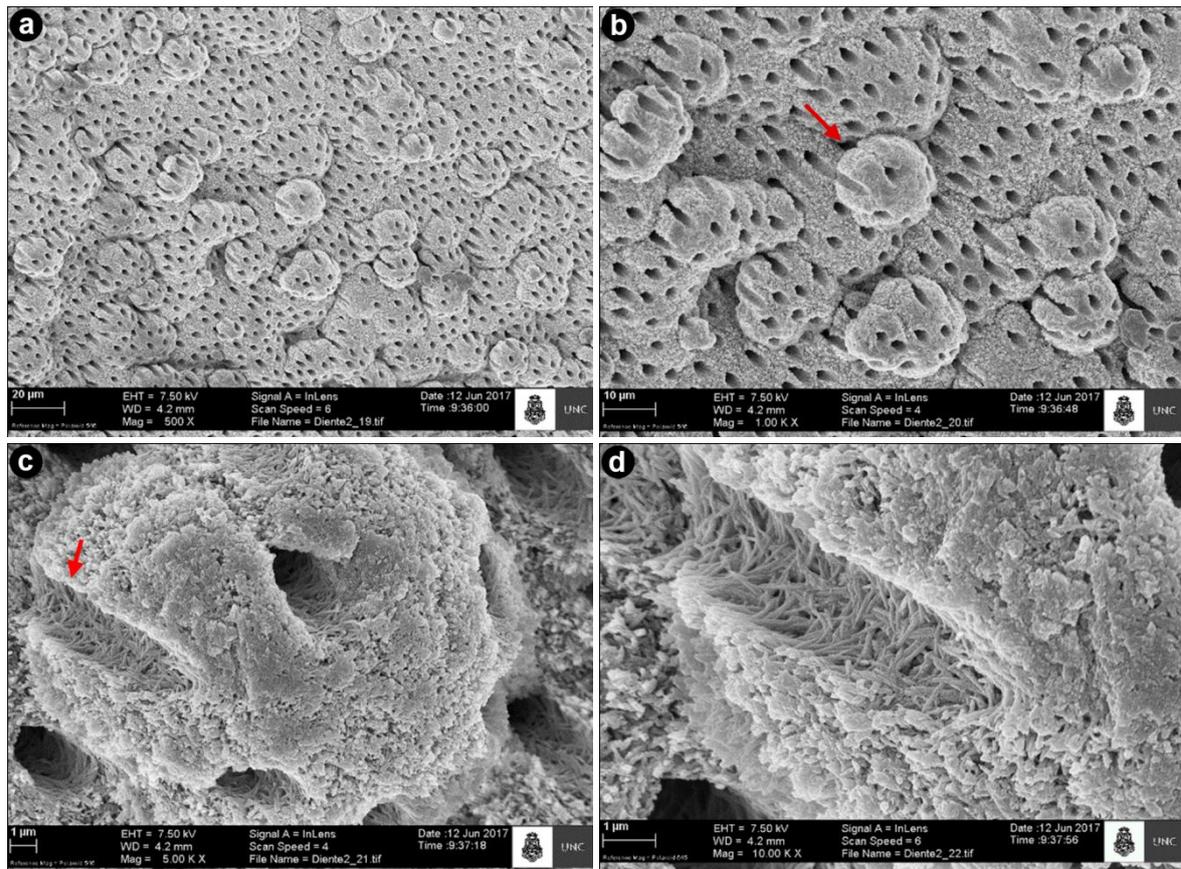
Grupo 1.- Dientes con desarrollo parcial de su raíz (aproximadamente la mitad de su volumen)

Fig. 26.- Grupo 1.- Sector Coronario: (a) Superficie con gran cantidad de túbulos y varias estructuras esféricas (500 X). (b) Imagen anterior a mayor aumento (1000 X), la flecha señala un calcoferito. En el calcoferito se aprecia un canal que precede el acceso a un túbulo (1000 X). (c) Imagen del calcoferito a mayor aumento (5,0 kX). La flecha señala el canal. (d) Estructura del canal. Trama colágena con bordes escasamente mineralizados (10,0 kX).

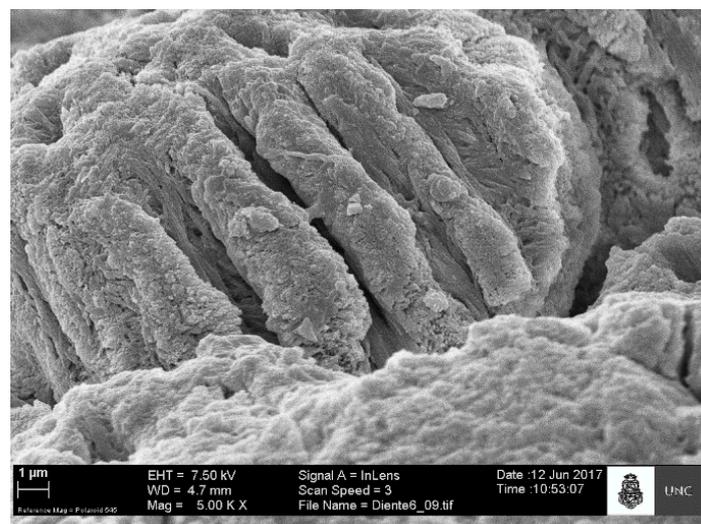


Fig. 27.- Grupo 1.- Sector Coronario: Imagen de un calcoferitos surcado por varios canales que preceden el inicio de los túbulos (5,0 kX).

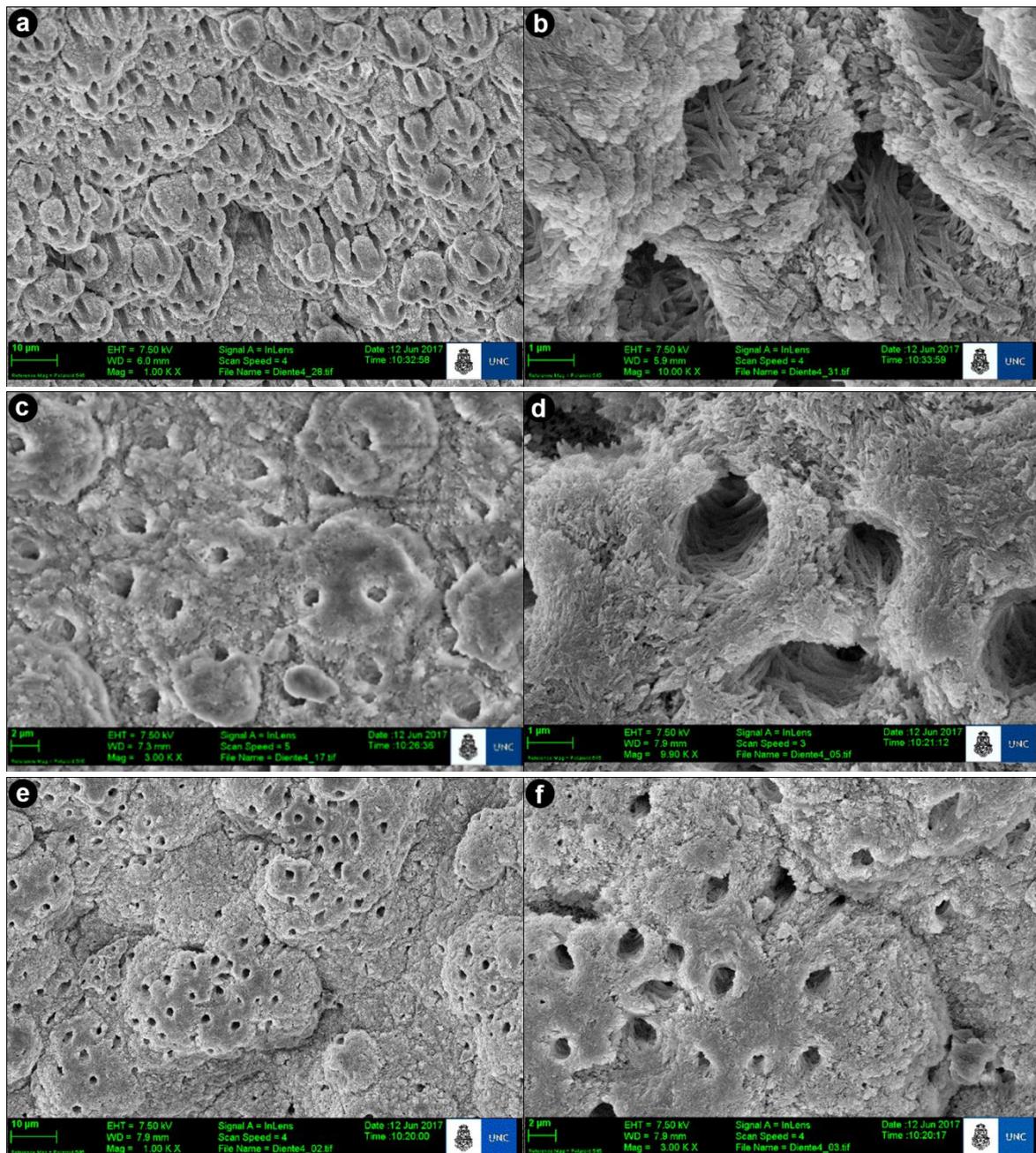
Grupo 2. Dientes con desarrollo parcial de la raíz por falta de formación del ápice radicular

Fig. 28.- Grupo 2.- (a) Sector Coronario: Calcosferitos (1,0 kX). (b) La escasa mineralización delimita túbulos en bisel que dejan ver la trama colágena de sus paredes (10,0 kX). (c) Sector medio: Pared dentinaria (3,0 kX). (d) Imagen similar a anterior. La amplitud de los túbulos es ligeramente menor que en (b). (e) Sector apical: Calcosferitos aislados. Sólo en ellos se ven túbulos de reducidas dimensiones (1,0 kX). (f) Imagen (e) a mayor aumento (3,0 kX).

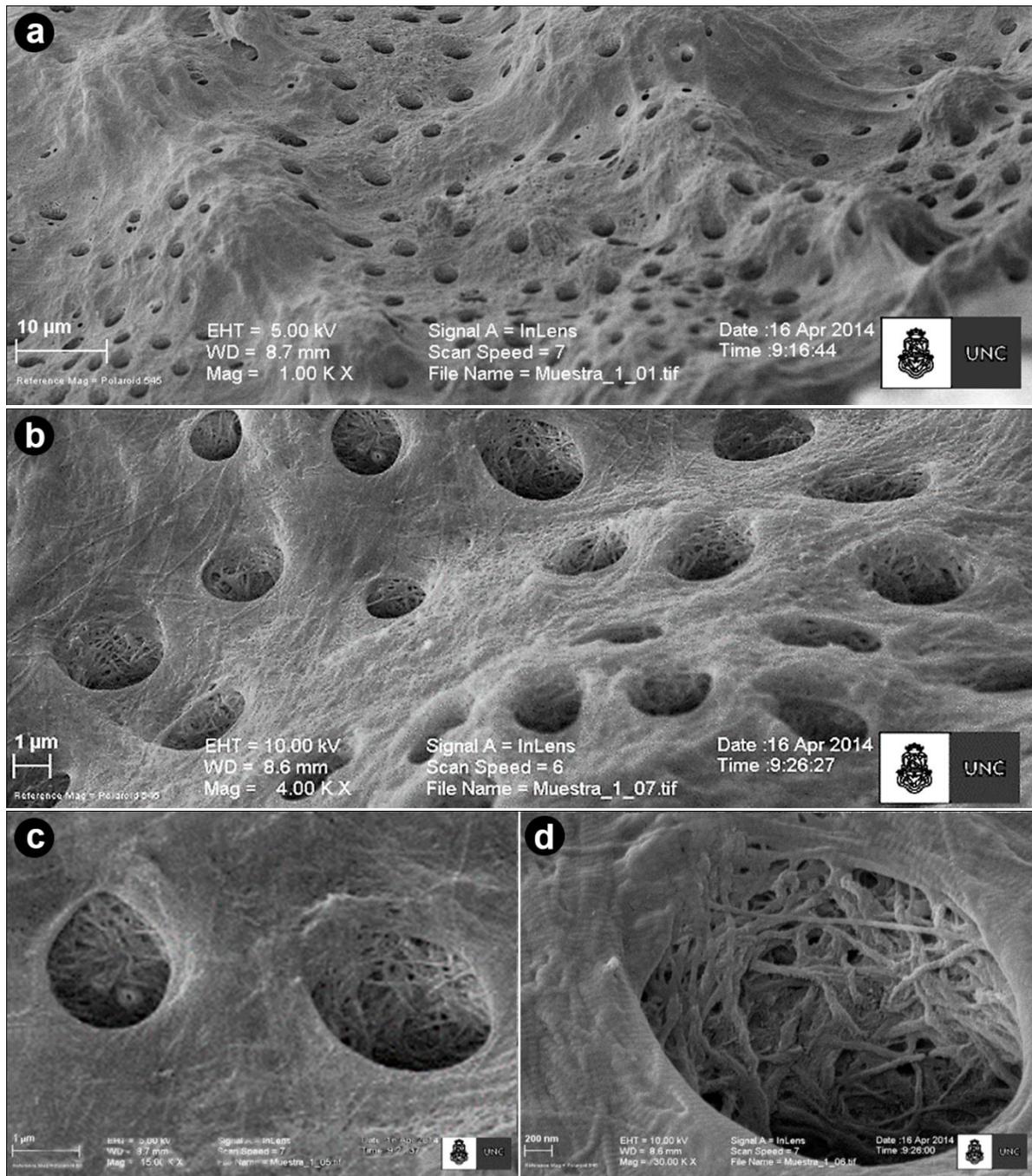
Grupo 2. Dientes con desarrollo parcial de la raíz por falta de formación del ápice radicular

Fig. 29.- Grupo 2.- Las imágenes corresponden al Sector Coronario de un diente del Grupo 2. El aspecto de sus estructuras difiere de las que se muestran en las figuras precedentes, aun cuando pertenecen al mismo grupo. Si bien se muestran más compactas, la falta de maduración se evidencia en la abundancia de sustancia orgánica (trama colágena). Las diferencias se deben a un mayor grado de maduración. Imágenes a diferentes magnificaciones: (a) 1,0 kX. (b) 4,0 kX. (c) 15,0 kX. (d) 30,0 kX.

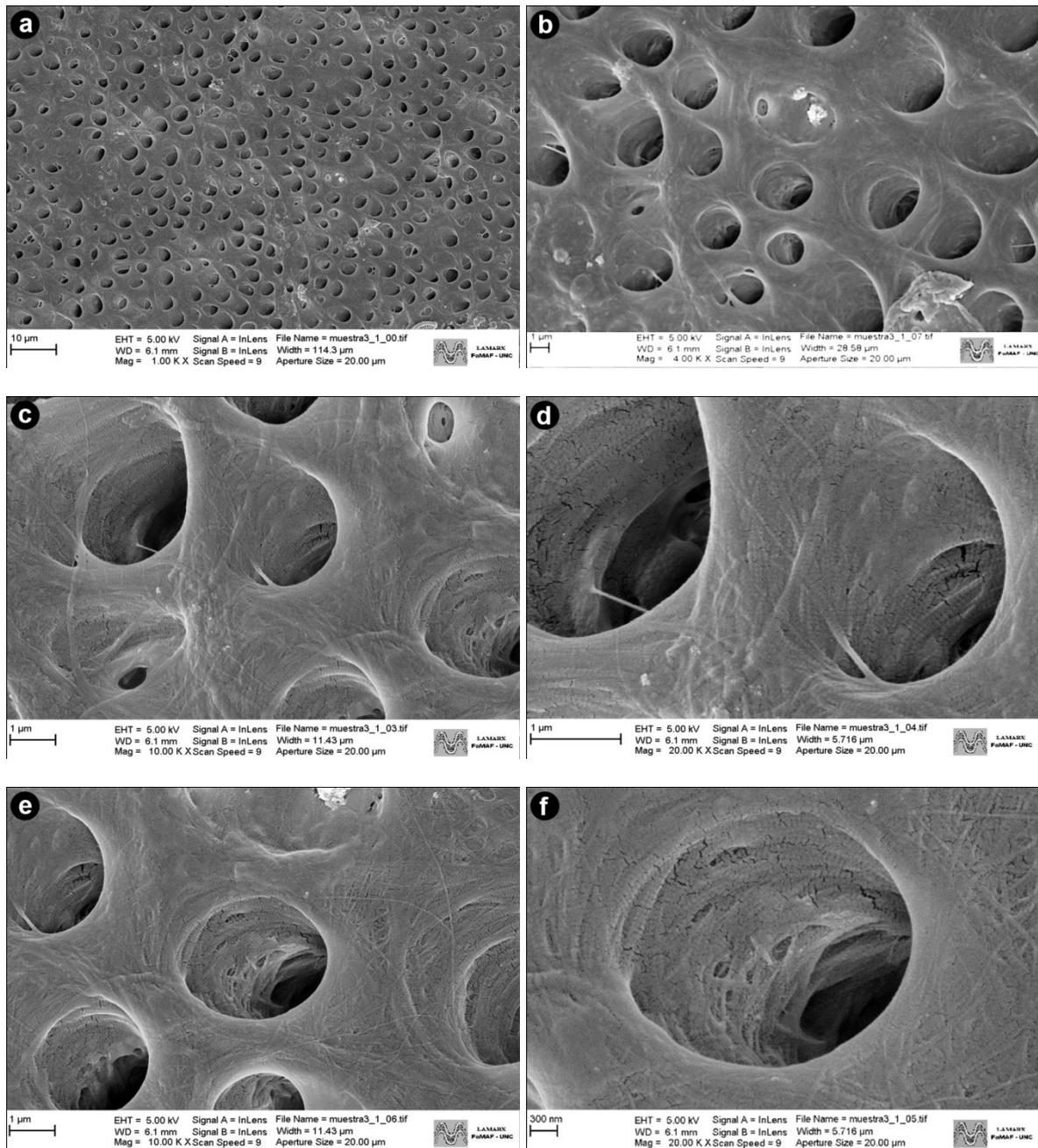
Grupo 3. Dientes con desarrollo radicular completo e inmadurez del conducto.

Fig. 30.- Grupo 3.- (a, b, c y d) Las imágenes corresponden al Sector Coronario de un diente con desarrollo radicular completo e inmadurez del conducto. La solidez de las estructuras pareciera indicar madurez dentinaria. Sin embargo, en las imágenes (e) y (f), correspondientes al Sector Medio, se aprecia la estructura colágena como signo claro de inmadurez.

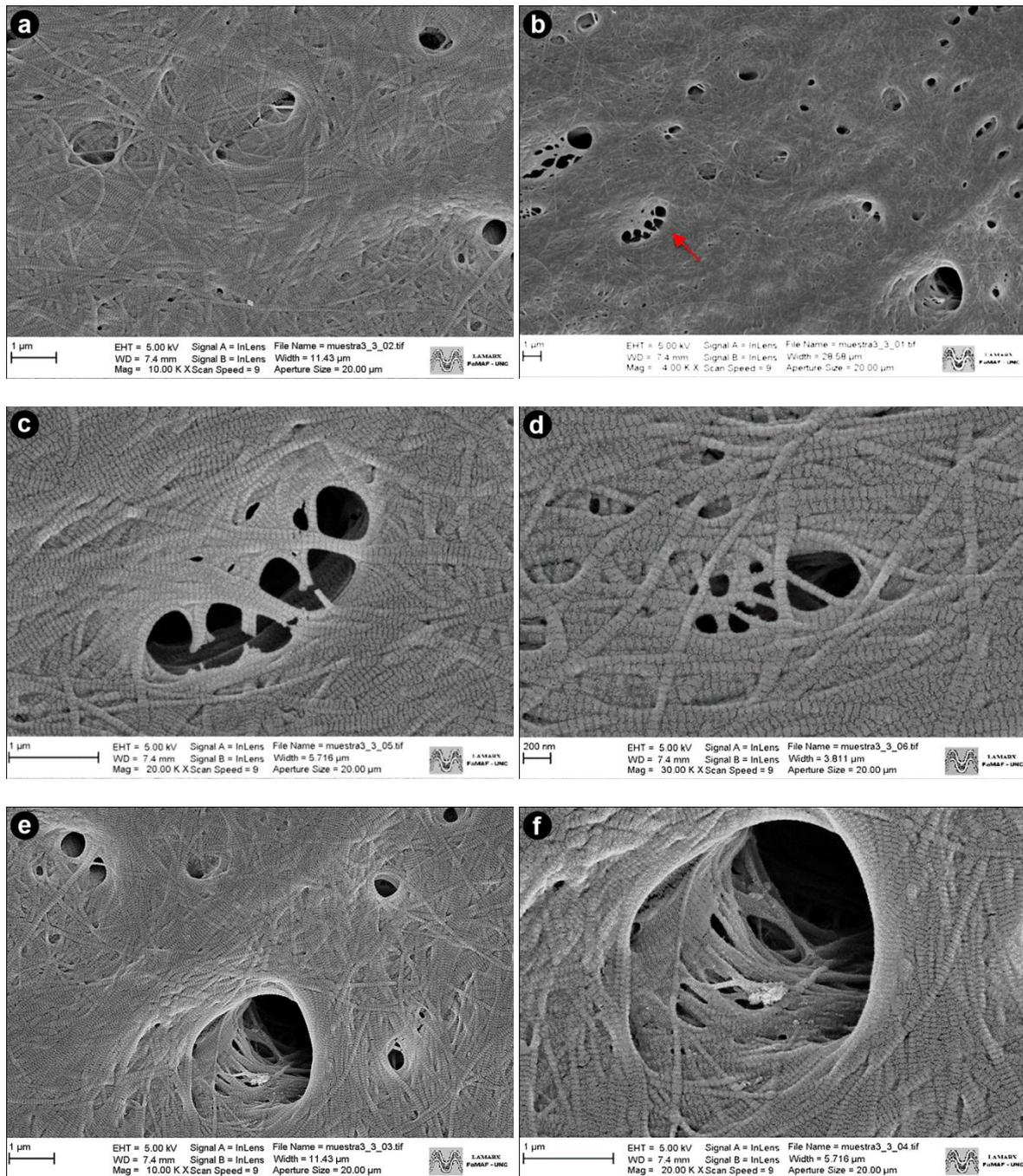
Grupo 3. Dientes con desarrollo radicular completo e inmadurez del conducto.

Fig. 31.- Grupo 3.- Las imágenes corresponden al Sector Apical del diente. En (a) con un aumento de 10,0 kX se muestra un sector del área a analizar. En (b), con un aumento de 4,0 kX se aprecian túbulos de distintas dimensiones. En (c), con un aumento de 20,0 kX se observa la apretada trama colágena y, a su vez, algunos haces que parecieran querer dividir el túbulo señalado con flecha roja en (b). En (d), con un aumento de 30,0 kX, se muestran fibras colágenas entrecruzadas sobre el esbozo de un túbulo como si quisieran reducir su luz o cerrarlo. En (e) se muestra un túbulo con un aumento de 10,0 kX y en (f), a mayor aumento (20,0 kX), el mismo túbulo donde se aprecia el grado de inmadurez.

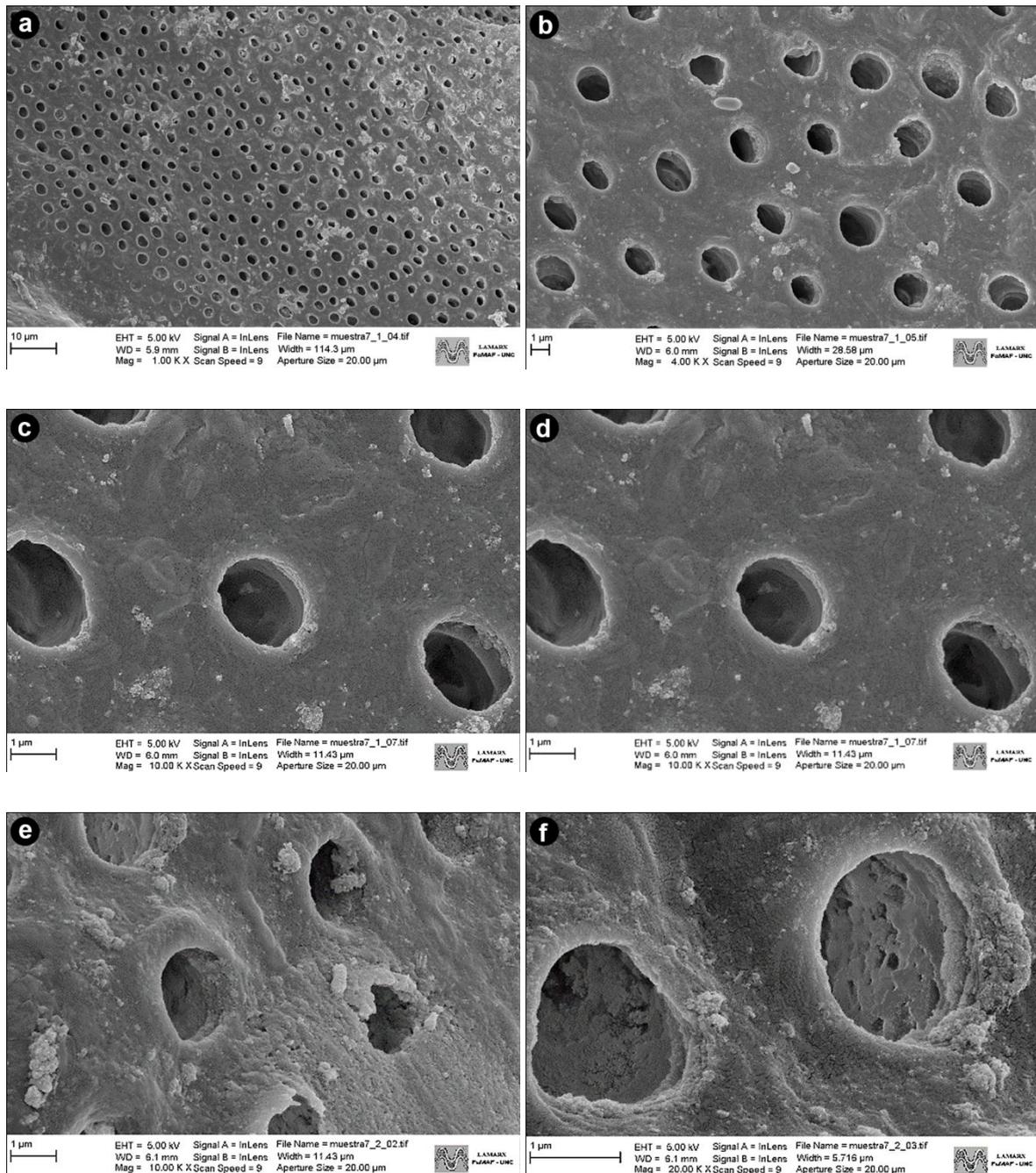
Grupo 4. Dientes con desarrollo radicular completo y cavidad pulpar madura.

Fig. 32.- Grupo 4.- Las imágenes (a), (b), (c) y (d) corresponden al sector coronario de un diente adulto desarrollado y maduro. La solidez de las estructuras y la no observación de matriz colágena en (c) y (d), obtenidas con aumentos de 10,0 kX y 20,0 kX respectivamente, marcan diferencias respecto a lo observado en dientes jóvenes. Las imágenes (e) y (f) corresponden al sector medio. En ellas se destaca, aun con mayor nitidez que en (a) y (b), los bordes elevados de los túbulos que corresponden a la dentina peritubular.

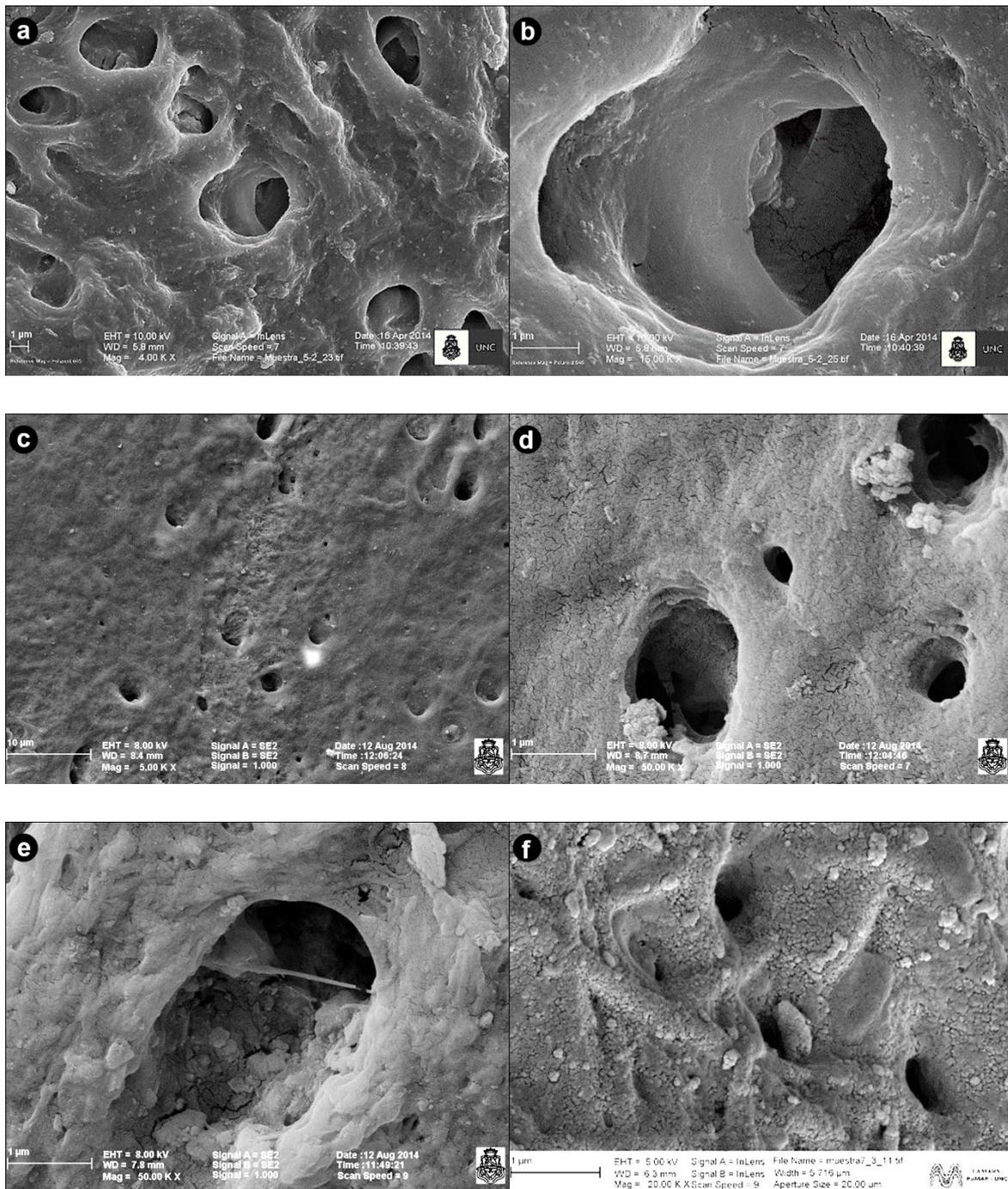
Grupo 4. Dientes con desarrollo radicular completo y cavidad pulpar madura.

Fig. 33.- Grupo 4.- Las imágenes corresponden al sector apical de un diente adulto desarrollado y maduro. La solidez de las estructuras y la ausencia de matriz colágena aun con grandes aumentos, hablan de la madurez dentinaria. A diferencia de las imágenes de la Fig. 32, en estas la microestructura es muy distinta, aunque persisten las características que son inherentes al grupo y al sector, sobre todo las referidas a los túbulos: menor número, menores dimensiones y evidente calcificación.

ESTUDIO 2

Microanálisis del contenido mineral de la dentina (EDS)

Distribuciones espectrales de los elementos hallados en las muestras.

En las figuras 24, 25, 26, 27, 28 y 29 se muestran las distribuciones espectrales de los elementos correspondientes a las muestras medidas. Sólo se incluyeron las más representativas de cada grupo. Los valores expresan concentraciones aparentes (atomic%) y de porcentajes de peso (Wt%), normalizadas al 100%.

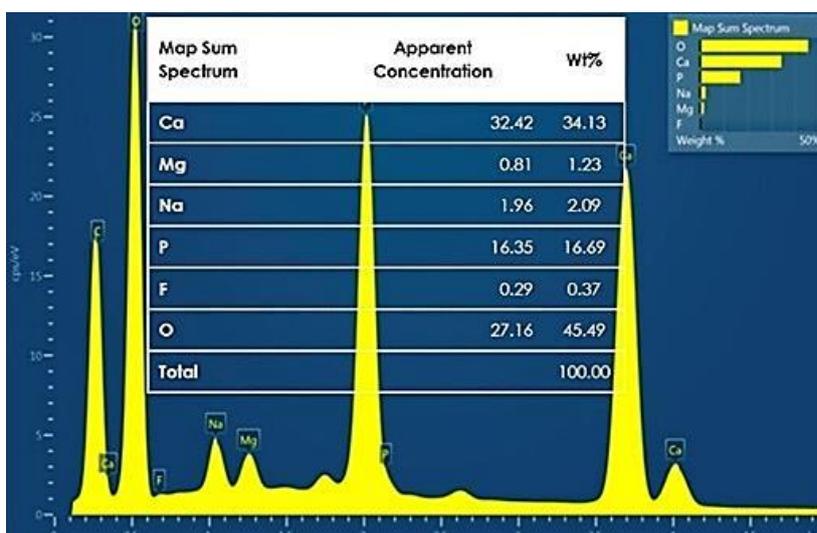


Figura 24: Caso ejemplo correspondiente al Sector Coronario del Grupo 2.A.

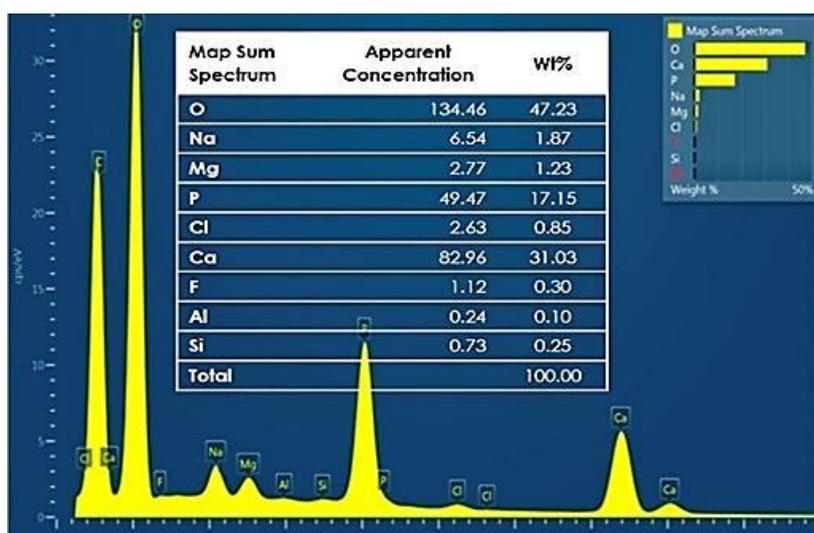


Figura 25: Caso ejemplo correspondiente Sector Medio del Grupo 2.A.

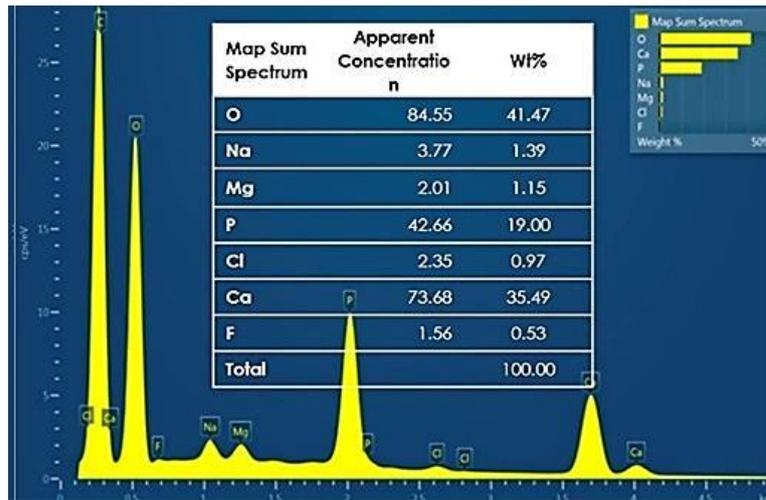


Figura 26: Caso ejemplo correspondiente Sector Apical del Grupo 2.A.

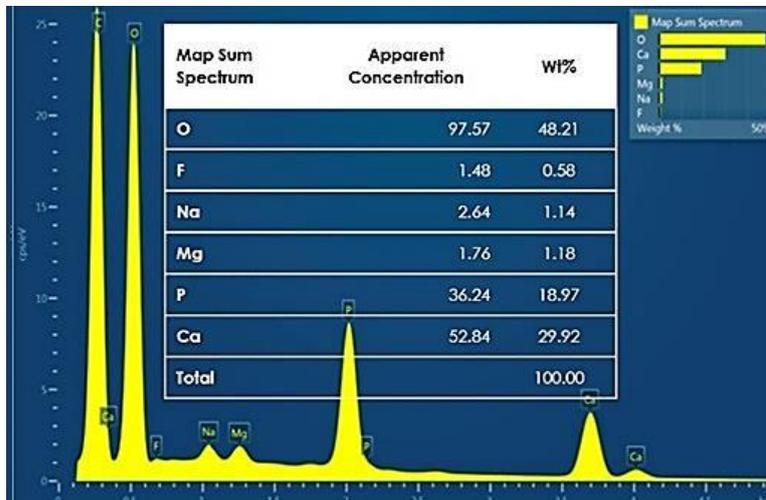


Figura 27: Caso ejemplo correspondiente Sector Coronario del Grupo 2.B.

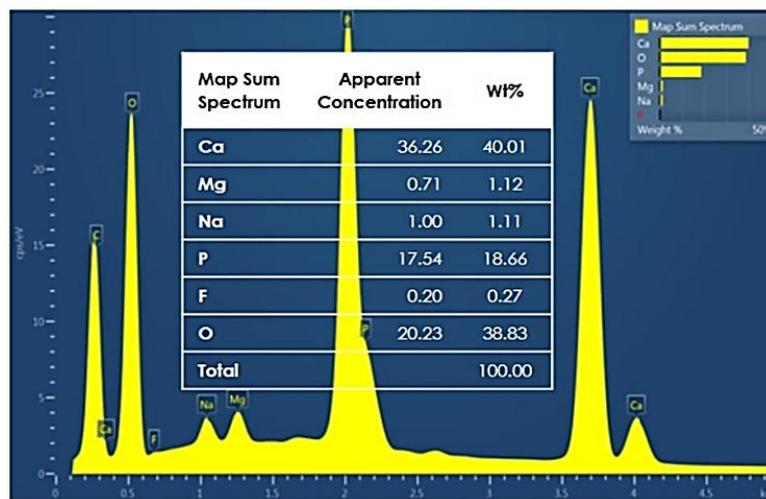


Figura 28: Caso ejemplo correspondiente Sector Medio del Grupo 2.B.

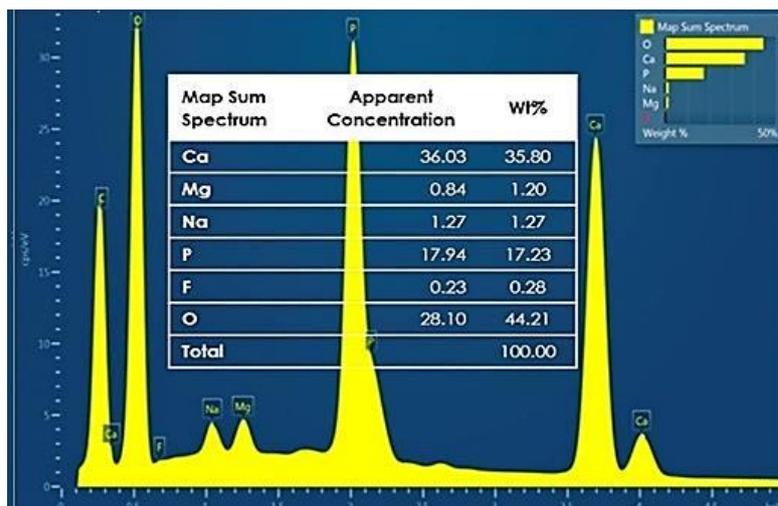


Figura 29: Caso ejemplo correspondiente Sector Apical del Grupo 2.B.

El análisis con EDS de la dentina mostró la presencia de oxígeno (O), sodio (Na), magnesio (Mg), fósforo (P), calcio (Ca) y flúor (F).

Un compuesto mineral de relevancia en el tejido dentinario es la hidroxiapatita (HAP) que está formada por fosfato de calcio cristalino $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})]$. La relación de concentración en peso de Ca/P en este compuesto mineral es de 2,14, valor que se obtuvo a partir de los pesos atómicos de ambos elementos y de la cantidad de átomos que conforman la molécula, y que se tomó luego como referencia en el momento de efectuar las comparaciones de los análisis realizados en las muestras que componen cada uno de los grupos (Tabla 11). Se consideró también la relación Ca/F, a los efectos de observar como varía la mineralización en los dientes según el Grupo (grado de desarrollo radicular).

Tabla 11: Análisis EDS. Resultados obtenidos en ambos Grupos (A y B), según Sector analizado. Los valores expresan las concentraciones relativas en Wt% (weight) o porcentaje de peso promedio según grupo y sector.

Grado de desarrollo radicular	Sector	O	F	Na	Mg	P	Ca
Grupo 2.A	Coronario	44,41	0,24	1,09	1,04	14,69	23,06
	Medio	40,81	0,36	1,43	1,23	20,40	35,19
	Apical	44,84	0,56	1,27	1,17	18,99	32,71
Grupo 2.B	Coronario	44,85	0,33	1,68	1,22	16,96	34,97
	Medio	42,47	0,26	1,62	1,17	17,59	36,91
	Apical	43,47	0,33	1,52	1,15	17,38	36,18

Tabla 11.- Concentraciones porcentuales en Wt% (weight) o porcentaje de peso según Grupo o Sector

Dadas las irregularidades que la topografía del tejido dentinario ofrece en el área a estudiar, y a los efectos de disminuir errores de procedimiento, para obtener información semi cuantitativa con el EDS, los análisis químicos se efectuaron sobre áreas amplias.

RELACIÓN Ca/P.

Los resultados obtenidos muestran que las diferencias en la relación Ca/P fueron estadísticamente significativas ($p < 0,005$) entre los Grupos 2.A y 2.B, no así entre los tres sectores de la cavidad pulpar ($p > 0,05$), donde los valores globales de Ca/P fueron similares en toda la longitud de la raíz, como así también al considerar cada grupo por separado, tal como se muestra en la tabla 12 y se resume en las figuras 30 y 31.

Tabla 12: Contraste de medias de relación entre concentraciones de calcio y fósforo (Ca/P) según grupos y sectores (ANOVA de dos vías).

Grado de desarrollo radicular Grupo	Sector	Relación Ca/P				
		Media	DE	Min	Max	(p-valor)
Grupo 2.A	Coronario	1,55	0,07	1,51	1,60	0,445
	Medio	1,74	0,10	1,66	1,81	
	Apical	1,72	0,21	1,58	1,87	
	Total	1,67	0,14	1,51	1,87	
Grupo 2.B	Coronario	2,06	0,02	2,04	2,08	0,746
	Medio	2,10	0,07	2,05	2,14	
	Apical	2,08	0,02	2,07	2,10	
	Total	2,08	0,04	2,04	2,14	
Contraste entre grupos (p-valor): p=0,005						
Contraste entre sectores (p-valor): Global: p=0,334						

Referencias: DE: desviación estándar, Mín: mínimo, Máx: máximo.

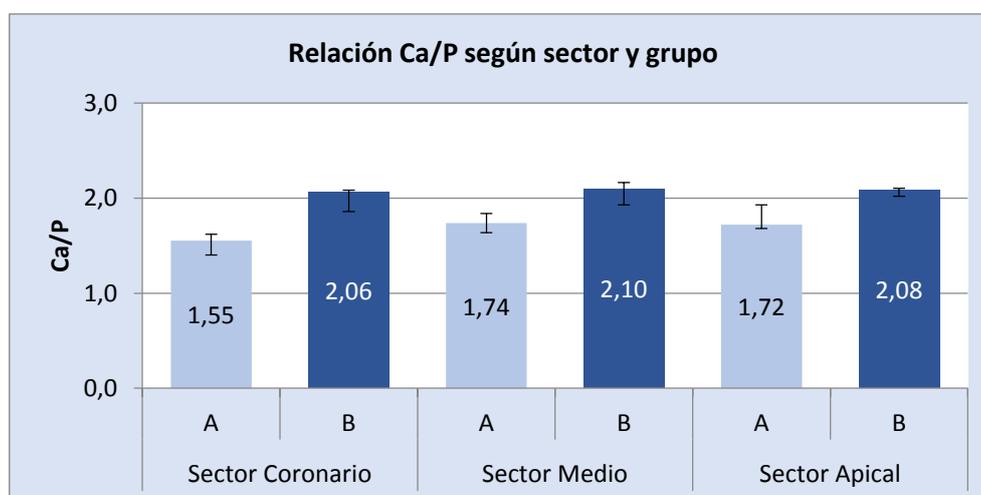


Fig. 30: Relación Ca/P según grupo y sector: Media y desviación estándar.

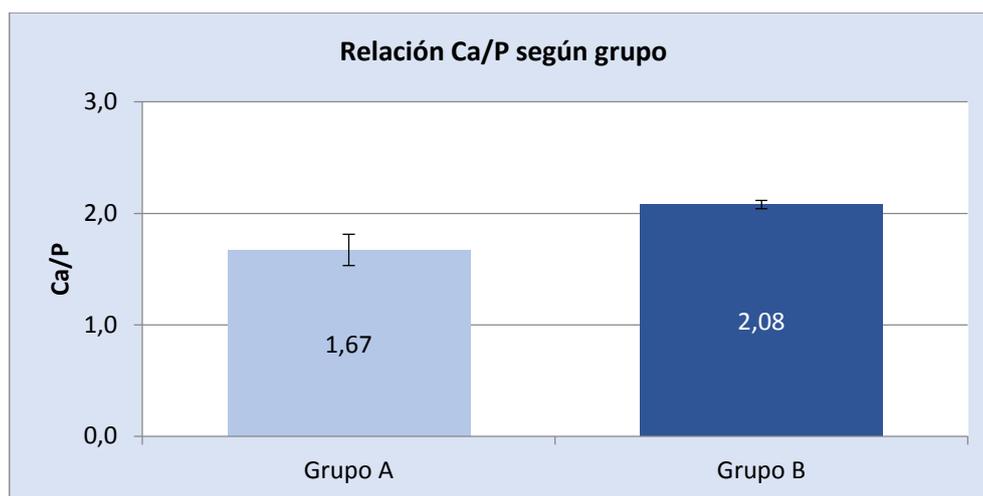


Fig. 31: Relación Ca/P según grupo: Media y desviación estándar

RELACIÓN Ca/F

En cuanto a la relación Ca/F las diferencias resultaron estadísticamente significativas ($p < 0,05$), tanto entre grupos como entre sectores de la raíz. Se observó, además, un marcado aumento de la relación Ca/F en función del grado de desarrollo radicular y madurez de la dentina en los tres sectores, tal como se muestra en la tabla 13 y se resume en las figuras 32 y 33.

Tabla 13: Contraste de medias de relación entre concentraciones de calcio y flúor (Ca/F) en la dentina según grupos y sectores (ANOVA de dos vías).

Grado de desarrollo radicular Grupo	Sector	Relación Ca/F				
		Media	DE	Min	Max	(p-valor)
Grupo 2.A	Coronario	69,18	5,53	65,27	73,09	0,027
	Medio	99,69	5,29	95,95	103,43	
	Apical	59,27	10,87	51,59	66,96	
	Total	76,05	19,76	51,59	103,43	
Grupo 2.B	Coronario	110,05	25,18	92,24	127,86	0,243
	Medio	144,53	5,17	140,88	148,19	
	Apical	112,94	16,50	101,27	124,61	
	Total	122,51	21,89	92,24	148,19	
Contraste entre grupos (p-valor): p=0,001						
Contraste entre sectores (p-valor): Global: p=0,018						

Referencias: DE: desviación estándar, Mín: mínimo, Máx: máximo.

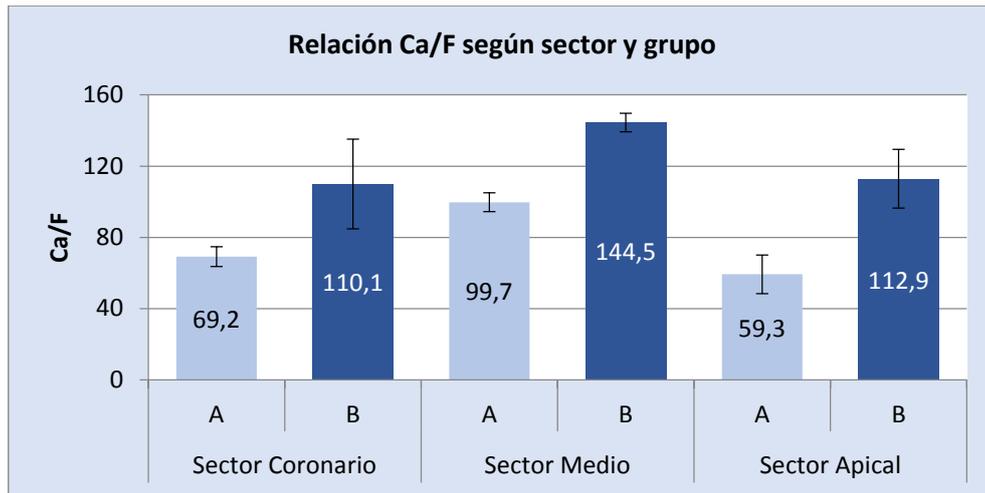


Fig. 32.- Relación Ca/F según grupo y sector: Media y desviación estándar.

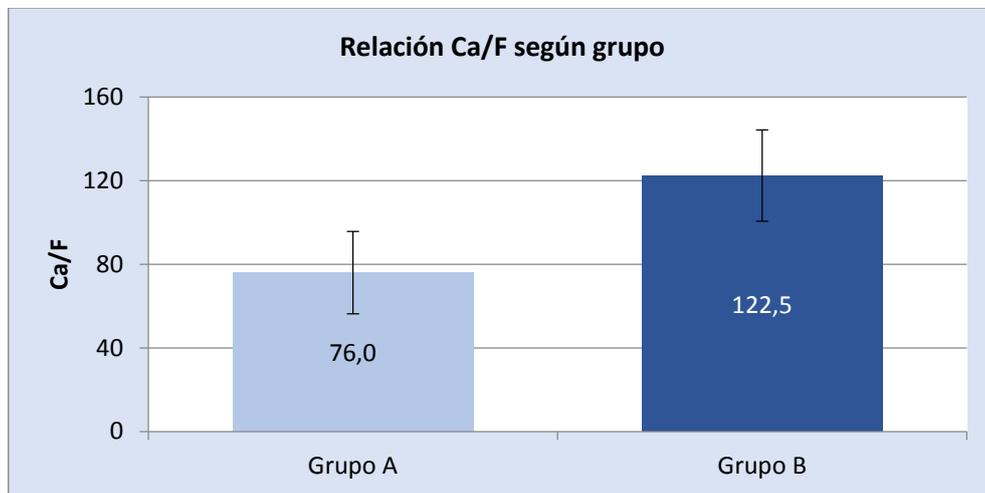


Fig. 33.- Relación Ca/F según grupo: Media y desviación estándar.

ESTUDIO 3

Análisis de la microdureza dentinaria

En la tabla 14 se expresan los valores de microdureza Knoop (HK) dentinaria registrados por sector y grupo. Los valores se expresan en HK y se obtuvieron directamente del equipo de medición que los calcula en función de la siguiente fórmula:

$$HK = \frac{\text{Carga (kgf)}}{\text{Área de impresión (mm}^2\text{)}} = \frac{P}{C_p \cdot L^2}$$

(L = longitud del eje largo de la compresión; C_p = factor de corrección relativo a la forma de la hendidura, idealmente 0,070279 y P = a carga).

Tabla 14: Resumen de datos referidos a Microdureza dentinaria (HK) según sector y grupo. Valores medios \pm desviación estándar (DE) y contraste estadístico (Análisis de la varianza - ANOVA de dos vías).

Sector	Grupo 3.A			Grupo 3.B		
	Media	DE	(p-valor)	Media	DE	(p-valor)
Coronario	48,5	11,6	0,004	53,6	11,1	0,068
Medio	42,0	14,6		55,0	7,2	
Apical	37,6	16,6		58,0	6,3	
Total diente	42,7	15,0		55,5	8,6	
Contraste entre grupos (p-valor): p<0,001						
Contraste entre sectores (p-valor): Global: p=0,187						
Contraste entre sectores (p-valor): Grupo A: p=0,004 y Grupo B: p=0.068						

Referencias: DE: desviación estándar (n=240)

La distribución de valores de microdureza difieren significativamente entre el Grupo 3.A y 3.B ($p<0,05$). Se observó que las diferencias entre grupos experimentaban un significativo incremento en sentido corono-apical, sector este último donde se observaron las mayores diferencias.

Por el contrario, contrastados los valores globales entre los tres sectores (coronario, medio y apical), las diferencias no fueron significativas ($p>0,05$), en cambio, contrastados separadamente en cada grupo, las diferencias resultaron significativas ($p<0,05$) en el Grupo 3.A (raíces en vías de formación), mientras que en el Grupo 3.B, (raíces formadas y maduras), los valores entre los tres sectores carecieron de significación ($p>0,05$) (Figs. 34 y 35).

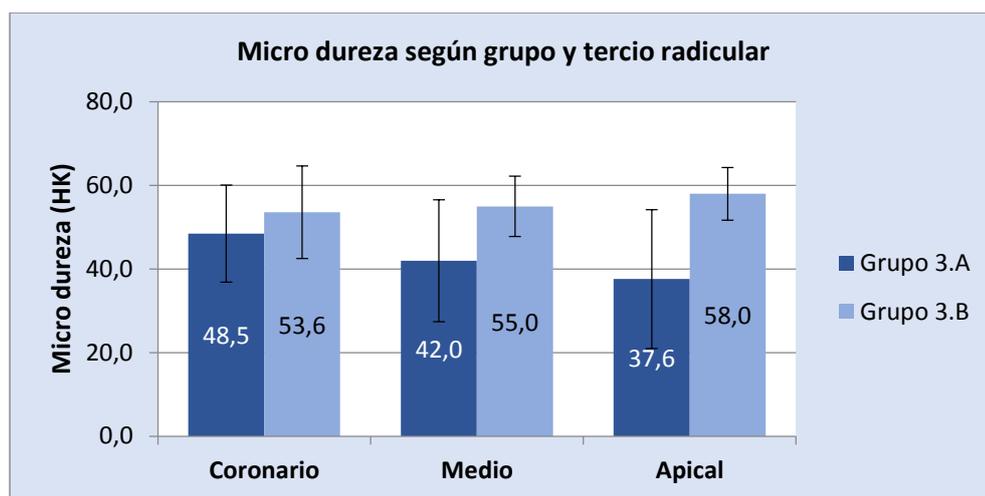


Figura 34.- Valores de microdureza HK según tercios y grupos: Media \pm desviación estándar.

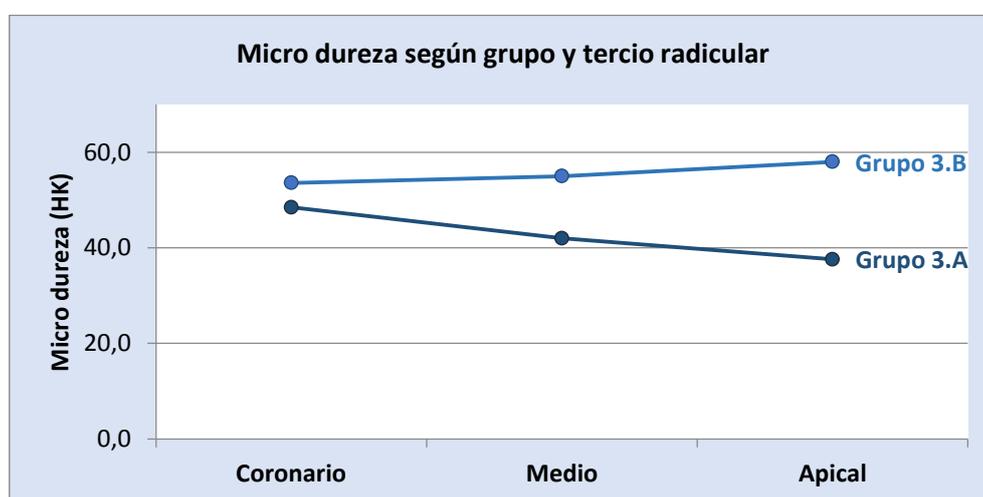


Figura 35.- Representación esquemática de los valores promedio de microdureza Knoop según tercio y grupo.

El gráfico de dispersión (Fig. 36) muestra la correlación (prueba de correlación no paramétrica de Spearman - Coef. 0,350; $p < 0,001$), que existe entre los valores medios de Ca/F hallados en el Estudio 2 y los valores medios de microdureza obtenidos en el Estudio 3, según grupo y sector. Es clara la tendencia al aumento de la microdureza en función de la calcificación y/o de la pérdida de fluorita.

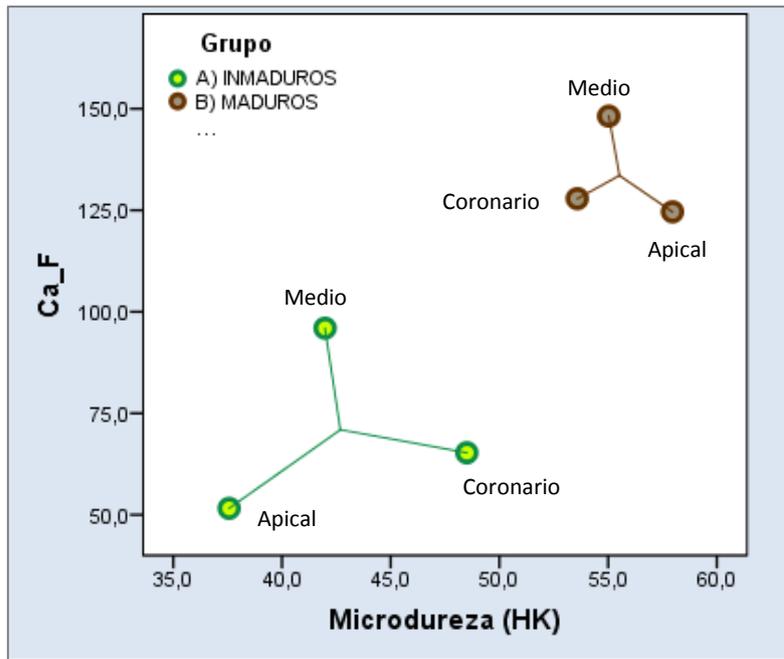


Figura 36.- Distribución de los valores medios de microdureza knoop vs valores medios de relación Ca/F según tercios y grupos.

DISCUSIÓN

DISCUSIÓN

Tratar un diente incompletamente desarrollado con diagnóstico de necrosis pulpar es para Diogenes y col. (2017) un problema clínico que alcanza a la salud pública. Destacan, a su vez, la frecuente presencia de infección bacteriana en la cavidad pulpar y aun en el espesor de la dentina, situación que a menudo plantea difíciles desafíos para el odontólogo, al punto que a veces termina en una larga y difícil batalla entre él y los gérmenes. Señalan, además, que si bien en estos dientes es factible realizar procedimientos de apexificación con los cuales se alcanzan importantes logros, su supervivencia a largo plazo es dudosa, puesto que su estructura dentinaria permanece debilitada y por lo tanto, expuestas a la fractura.

Coincidentes con estos conceptos, consideramos que el problema mayor que el profesional encuentra en el momento de afrontar este verdadero reto, es el terreno donde debe actuar ya que se enfrenta con un cuadro clínico que se aleja de lo convencional, puesto que al diente a tratar aún le falta formar el sector apical, sin duda el más importante del diente si se lo analiza con visión endodóntica, ya que la conformación y obturación de un conducto y su posterior reparación ápico-periapical dependen no sólo de que su ápice esté formado (Ingle 2005), si no también maduro, tal como lo expresan Gani y col. (2014).

Queda en claro que uno de los principios básicos que sustenta el éxito de cualquier intervención endodóntica es el conocimiento del terreno quirúrgico en el que se va a intervenir, y de un modo u otro, todos los autores se refieren a las características macroscópica que ofrece el endodonto de un diente que no completó la formación de su raíz, y muy poco lo que consideran respecto a su aspecto microscópico.

Cabe preguntarse si en el momento de tratar un diente con dichas características y con diagnóstico de necrosis pulpar, el profesional es consciente de la complejidad de sus estructuras. Creemos que no, y creemos también que su aptitud cambiaría y si por un momento pensara que en el diente a tratar los mecanismos de formación y modelación radicular se detuvieron en un momento de plena actividad morfogénica, cuando aún le faltaba construir parte de su raíz y modelar su cavidad pulpar y su ápice.

Coincidimos con los autores que basan el éxito inmediato y a distancia del tratamiento endodóntico en un profundo conocimiento del espacio quirúrgico en el que actuarán, y particularmente con aquellos que considera la influencia de la edad sobre los cambios que dicho espacio experimenta respecto a su forma, dimensiones y divisiones como una consecuencia de los depósitos de dentina que la pulpa genera mientras está activa (Visvisián, 1997; Gani y Visvisian, (1999); Gani y col., 2014, entre otros),

Gani y col., (2014), hablan de formación de la raíz, de maduración apical y de madurez y envejecimiento endodóntico como etapas secuenciales que el proceso formativo del diente cumple mientras la pulpa se mantiene vital, etapas, todas ellas, que también son reguladas por la dentinogénesis, un singular mecanismo biológico que genera un tejido con características que lo hacen único y exclusivo de los dientes.

No caben dudas que dicho mecanismo pasa a ser la actividad rectora del proceso, ya que la dentina se convierte en el componente mineralizado que conforma el mayor volumen de la pieza dentaria. Según Avery y Chiego (2007) y Gómez de Ferraris y Campos Muñoz (2009), la dentina modela y da volumen al diente. Para estos autores la formación del sector radicular comienza cuando concluye la del esmalte y se define la vaina epitelial o radicular de Hertwig que actuará hasta que se forme el orificio apical. Coincidimos con Weisler (2003), en cuanto a que los dientes, en este largo período, poseen rizogénesis incompleta y aunque se trate de pacientes niños y adolescentes, no están exentos de sufrir algún tipo de agresión física o química que provoque la muerte pulpar, situación que no sólo deja un diente incompletamente desarrollado y con una configuración anatómica muy compleja, sino también, con estructuras muy debilitadas.

Sin embargo, y pese a que se trata de dientes con características atípicas, sus propiedades físicas y el comportamiento de sus estructuras no han sido suficientemente analizadas, al punto que los autores sólo expresan generalidades, ya que no se cuenta con resultados concretos. En efecto, cuando se refieren a la exagerada apertura apical, Thibodeau y Trope (2007), hablan de las dificultades que existen para lograr una adecuada limpieza, desinfección y obturación de los conductos. Del mismo modo, Naseem y col. (2008), se refieren a la delgadez de las paredes dentinarias y Trope y col. (1999) a sus posibles fracturas, aun cuando nada se conoce respecto a su dureza, tampoco a su elasticidad y fragilidad. Kakoli y col. (2009), hablan de la amplitud de sus túbulos dentinarios y que su permeabilidad a los gérmenes es mayor que en dientes formados y maduros, y no hemos hallado en la literatura ningún trabajo que se refiera específicamente ni a este ni a otros aspectos de su estructura en dientes jóvenes.

La masa mineralizada de la dentina se caracteriza por poseer una organización tubular. La presencia de túbulos es, sin duda, el aspecto que más la identifica y por lo tanto, es el más mencionado por los autores cuando describen la particular organización de este tejido, se refieran o no a dientes con las características de los que nos ocupan.

Los túbulos se distribuyen en forma radial por toda la masa dentinaria. Se extienden desde la pulpa hasta la unión con el esmalte y el cemento a lo largo de todo el diente y, además, mediante ramificaciones, forman una amplia red ya que se

anastomosan entre sí (Andreasen y col., 2002). La forma de los túbulos, según Trope (2010), es la de un cono con base abierta hacia la cavidad pulpar, y de acuerdo a lo observado en este estudio, el contorno de su abertura va de la forma circular a la un tanto achatada, pasando por la ovalada la que es muy frecuente en la dentina joven. Se observó, además, que su estructura de túbulo aún en formación, ofrece frecuentemente un inicio en bisel precedido por un canal abierto, lo que hace suponer que en él se apoya la prolongación que, según Abrams y col, (1995), el odontoblasto deja tras de sí en un movimiento centrípeto, de modo tal que los cristales de hidroxiapatita que va generando, mineralicen la matriz que la rodea y se defina la forma del túbulo dentinario.

No caben dudas que tanto el número, la forma y dimensiones de los túbulos en su sección transversal, como todos sus aspectos estructurales están relacionados con el grado de desarrollo radicular y, por lo tanto, influenciados por la edad.

En cuanto al número de túbulos contabilizado por mm² en los tres sectores (coronario, medio y apical) analizados en dientes que según su desarrollo radicular conformaron cuatro grupos, los resultados obtenidos permiten decir que si bien en el **sector coronario** de la cavidad pulpar su densidad muestra una paulatina y clara disminución desde el **grupo 1** al **grupo 4 (57.500, 53.800, 49.000 y 42.300** (respectivamente para cada grupo), el contraste estadístico expresa que las diferencias fueron significativas entre el grupo 1 y los grupos 3 y 4 y, a su vez, entre el grupo 2 y el grupo 4, lo cual es razonable, puesto que se comparan dientes jóvenes en vía de formación con dientes adultos ya formados y maduros. Por otra parte, es lógico que los túbulos del Sector Coronario de un diente joven formado pero con inmadurez en su conducto sean menos numerosos que en los de un diente con escasa formación radicular (Grupo 1), y por el contrario, que su número sea mayor que en un diente maduro (Grupo 4).

En cuanto al **sector medio**, donde la densidad de túbulos es menor que la del **sector coronario**, también hubo un descenso desde el **grupo 1** al **grupo 4 (48.000, 45.000, 36.800, 33.500** respectivamente para cada uno de los grupos), aunque en este sector las diferencias estadísticas adquieren una marcada significación entre los **grupos 1 y 3** y entre **1 y 4**), como así también entre los **grupos 2 y 3** y entre **2 y 4**, es decir entre grupos extremos., no así entre los grupos **1 y 2** y los grupos **3 y 4**, y en discordancia con lo que se observó en **sector coronario**, las diferencias entre los **Grupos 3 y 4** carecieron de significación, comportamiento que quizás se deba a que el **sector medio** del diente actúa como un área de transición.

En el **sector apical** la densidad de túbulos también decrece gradualmente desde el **grupo 1** al **grupo 4 (35.800, 27.300, 20.500 y 13.500** respectivamente para cada uno

de los grupos), con diferencias significativas entre cada uno de ellos, lo cual también es razonable, ya que se comparan cuatro etapas muy distintas de la formación radicular.

Por otra parte, se compararon los valores promedios o globales correspondientes al número de túbulos registrado en cada uno de los cuatro grupos en que, según el grado de desarrollo radicular, se dividió el estudio. Los resultados obtenidos muestran que su densidad decrece a medida que la raíz aumenta su longitud e incrementa su maduración (**Grupo 1: 47.083; Grupo 2: 42.000; Grupo 3: 35.417 y Grupo 4: 29.750**). Queda en claro que las diferencias entre grupos son estadísticamente significativas sólo entre grupos extremos, lo que ratifica la tendencia ya observada respecto a que el número de túbulos disminuye en función de la formación radicular y de la maduración de su ápice.

Finalmente, y a los efectos de completar el análisis, se contrastaron los valores globales correspondientes al promedio de la sumatoria del número de túbulos contabilizado en cada uno de los tres sectores evaluados (**Coronario: 50.625; Medio: 40.813 y Apical: 24.250** túbulos), lo que pone en evidencia que las diferencias entre ellos son significativas, aunque las más notables se manifiestan en el sector apical.

Otro aspecto analizado en los túbulos consistió en determinar el diámetro promedio de su luz a nivel de su inicio en la superficie dentinaria, y al igual que en el análisis precedente, también se consideraron tres sectores (coronario, medio y apical) establecidos equidistantemente sobre toda el área de la cavidad pulpar analizada, como así también, su distribución en cuatro grupos (1, 2, 3 y 4) según el grado de desarrollo radicular.

Los resultados obtenidos en cuanto a la amplitud de los túbulos nos permiten decir que en el **sector coronario** de la cavidad pulpar, sus medidas decrecen paulatinamente desde el **grupo 1 al grupo 4 (3,06; 2,93; 2,86 y 2,82 μm** respectivamente para cada sector), con diferencias significativas entre los **grupos 1, 2 y 3**, no así entre este último y el **grupo 4**, situación que también es comprensible, ya que el **sector coronario** de un diente que completó la formación de su ápice, pero no la maduración endodóntica, la amplitud de los túbulos es similar o igual a la de un diente formado y maduro, puesto que este sector, el Coronario, es el primero que madura.

Determinada en el **sector coronario** de cada uno de los cuatro grupos la media del diámetro de los túbulos y comparadas entre sí, se observó que entre ellos existía una cierta paridad, sin embargo, el contraste estadístico expresa que las diferencias son significativas, lo que demuestra que la amplitud de los túbulos disminuye a medida que las raíces de los dientes completan su formación. Por otra parte, también expresa que en

el **sector coronario** de un diente joven con raíz formada y conducto inmaduro, la amplitud de los túbulos se asemeja o iguala a la del mismo sector de un diente maduro.

En cuanto a los diámetros de los túbulos en el **sector medio**, los valores, al igual que en el **sector coronario**, mantienen una cierta equivalencia en sus dimensiones (2,77; 2,42; 2,41 y 2,39 μm respectivamente para cada grupo), sin embargo, el análisis estadístico muestra que las diferencias entre los **Grupos 1 y 2** fueron significativas, no así entre los **Grupos 2, 3 y 4** ya que carecieron de significación.

Estos resultados, sin duda opuestos a los detectados en el **sector coronario**, hablan del **sector medio** como un sector de transición donde las diferencias que aporta la maduración empiezan a evidenciarse. La persistencia de amplias dimensiones en el **Grupo 1**, se deben, sin duda, a que los dientes que los conforman poseen un reducido desarrollo radicular, y por lo tanto, una escasa mineralización y en consecuencia, una falta de maduración tubular.

Por último, en el **sector apical** la amplitud de los túbulos muestra una progresiva disminución desde el **Grupo 1** al **Grupo 4** (2,71, 2,34, 2,11 y 1,85 μm respectivamente para cada grupo), con diferencias significativas entre cada uno de ellos, lo cual es coherente ya que se trata de cuatro estadios distintos de formación y maduración dentinaria y definición de la cavidad pulpar.

Los resultados obtenidos evidencian la indudable influencia que el grado de formación radicular tiene sobre la maduración de los túbulos, del ápice y de la cavidad pulpar, hecho que Gani y col. (2014), denominan “maduración endodóntica”, designación que indica que el o los conductos reúnen las condiciones de formación y madurez como para ser tratados. Basta sólo comparar entre sí los valores registrados en los **sectores medio y apical** para comprobar dicho proceso, valores que poco se diferencian en el **Grupo 1** (2,77 y 2,71 μm respectivamente para ambos sectores), que comienzan a espaciarse en el **Grupo 2** (2,42 μm y 2,34 μm respectivamente) y que se espacian aún más tanto en el **Grupo 3** (2,41 μm y 2,11 μm para cada sector) como en el **Grupo 4** (2,39 μm y 1,85 μm respectivamente) donde las diferencias se acentúan.

Valorados los diámetros de los túbulos a través de la comparación entre grupos, surge que entre ellos las diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0,05$), resultados que ratifican la tendencia que, de algún modo, ya se evidenciaba en cuanto a que el lumen de los túbulos decrece mientras la raíz se desarrolla. Por otra parte, el contraste entre sí de los valores obtenidos en cada uno de los tres sectores de la raíz analizados (coronario, medio y apical) dentro de cada grupo, permitió comprobar que entre ellos, las diferencias también fueron significativas en todos los casos.

Un examen generalizado de los resultados obtenidos en este estudio muestra que el **Grupo 1** se destaca por presentar los mayores diámetros en todos los sectores analizados de la cavidad pulpar, lo que es comprensible ya que las raíces de los dientes que lo componen, son las menos desarrolladas, mientras que en los demás Grupos, donde el desarrollo radicular es mayor, los valores registrados en los **sectores coronario y medio** son muy similares. Sólo en el **sector apical** los 4 grupos se distanciaron significativamente.

Respecto al estudio de correlación entre densidad y diámetro de los de los túbulos a nivel de su nacimiento (pared de la cavidad pulpar), se comprobó que existe una correlación significativa entre ambos aspectos referidos al comportamiento de la estructura tubular. Por otra parte, las distribuciones según grupo etario y según zona de la raíz, ratifican las tendencias ya observadas en los respectivos análisis efectuados anteriormente.

Resulta muy difícil comparar los resultados obtenidos en este estudio con lo expresan otros autores, ya que los valores que se difunden, según la literatura a la que tuvimos acceso, son siempre generalizados, ya que en ella no se considera el tipo de diente, la edad ni el nivel analizado, salvo Carrigan y Morse (1984), quienes evaluaron comparativamente el número de túbulos dentinarios entre distintos grupos etarios y distintos niveles de la raíz (Coronario, cervical, radicular medio y radicular apical), aunque lo hicieron a partir de los 20 años, motivo por el cual no se cuentan con antecedentes referidos a este aspecto estructural de la dentina en dientes jóvenes y menos aún en dientes que no hayan completado la formación de su raíz.

Sin embargo, considerando los valores globales correspondiente a cada nivel de la cavidad pulpar (**Grupo 1: 47.083; Grupo 2: 42.000; Grupo 3: 35.417 y Grupo 4: 29.750 por mm²**), se aprecia que la mayor aproximación se da con los valores que presentan Avery y Chiego (2007), ya que para estos autores -que además de decir que son más numerosos en la corona que en la raíz, hecho con el cual coinciden nuestras observaciones-, señalan que en la dentina vecina a la pulpa el número túbulos oscila entre los 30.000 y 50.000 túbulos por mm², valores que de algún modo se aproximan a los obtenidos en este estudio: el máximo (**50.000**) con los obtenidos en el **Grupo 1 (47.083)**, justamente el grupo que mayor número ofrece, y el mínimo (**30.000 túbulos**), con el **Grupo 4 (29.750)** correspondiente al grupo de adultos que es el que menor cantidad de túbulos posee.

Existe también una cierta aproximación con los valores que presentan Gómez de Ferraris y Campos Muñoz (2009), ya que para estos autores la densidad de túbulos junto

a la pulpa va de los 45.000 a 65.000 por mm². Por su parte, Pashley y Walton (2004), dan valores máximos y mínimos con diferencias muy amplias (entre 40.000 y 70.000 túbulos por mm²). Lo mismo sucede con Garberoglio y Brännström (1976), y Pashley (2004), quienes informan que el número de túbulos por mm² oscila entre 10.000 a 60.000 unidades.

En cuanto a la amplitud de los túbulos sucede algo similar, ya que al igual que en el caso del recuento, no se cuenta con estudios que se refieran específicamente a sus dimensiones en dientes en vías de formación. Por otra parte, y dado que las medidas son muy reducidas (no exceden los 5 µm), las diferencias, por mínimas que sean, pueden ser significativas.

Sin embargo, considerando los valores promedios o globales registrados en cada grupo, donde la medida de los diámetros de los túbulos se redujo a un único valor (**Grupo 1: 2,85; Grupo 2: 2,56; Grupo 3: 2,46 y Grupo 4: 2,35 µm** de diámetro), se observó que, en general, existen marcadas diferencias con lo que describen los autores. No obstante, y tomando como base la media de estos valores (2,5 µm), los resultados obtenidos coinciden con los que presentan Garberoglio y Brännström (1976), quienes establecen un diámetro medio de 2,5 µm en su nacimiento y de 0,9 µm en la periferia. En cambio, con valores menores, están un tanto distantes de los que presentan Avery y Chiego (2007), quienes señalan que junto a la pulpa miden entre 3 y 4 µm y muy distantes, por ser mayores, de las medidas que describen Ten Cate (1986) y Ivancik y col. (2012), ya que para estos autores oscilan entre 1 y 2 µm y entre 1 y 2,5 µm respectivamente. Están también muy distantes de lo que citan Gómez de Ferraris y Campos Muñoz (2009), ya que para estos autores, el diámetro de los túbulos pueden alcanzar los 5 µm en la cercanía de la pulpa y aproximadamente 1,7 µm en la periferia junto al esmalte o el cemento, donde sin duda experimentan un notable estrechamiento.

Las características estructurales que la dentina ofrece dependen en gran parte del grado de desarrollo radicular o edad del diente. Los cambios que la dentinogénesis produce a través del tiempo se manifiestan mediante signos macro y microscópicos, y los que particularmente interesan desde el punto de vista de la Endodoncia en el diente joven, son aquellos que revelan aspectos referidos a la formación de la raíz y a la definición morfológica y dimensional de la cavidad endodóntica, proceso, este último, que se extiende por varios años y que para Arola y col. (2008) se definen en la tercera década de la vida y se evidencian a través de cambios microestructurales que repercuten sobre su comportamiento mecánico, y que para Gani y col. (2014) se manifiesta a través de una lenta y paulatina modelación de la cavidad pulpar a lo que llaman “maduración

endodóntica”, proceso que culmina en la tercera y aun en la cuarta década de la vida, período en el que alcanza una cierta estabilidad para entrar luego, progresiva e imperceptiblemente, en un período de lenta y prolongada involución que lleva al envejecimiento de la dentina y al estrechamiento del endodonto.

En los túbulos dentinarios ocurren, paralelamente, importantes cambios microestructurales, puesto que su luz también se reduce como consecuencia del aumento de espesor de la capa de dentina que los rodea (dentina peritubular). En ambos casos el proceso es similar, ya que la reducción de los lúmenes -el de la cavidad pulpar y el de los túbulos-, se debe a un aumento del espesor de la dentina que los delimita. Sin embargo, en el caso de la dentina peritubular, la carga de minerales es mayor que la que posee el tejido que rodea a los túbulos (dentina intertubular) y en algunos casos, como lo señala Miller y col. (1971) y Tronstad (1973), puede producir la obliteración fisiológica de los túbulos, situación que no se da si el diente es joven y sano.

Para Trowbridge (1999) la dentina peritubular es rica en minerales y escasa en colágeno y se forma cuando concluye la mineralización de la dentina intertubular. Según Gómez de Ferraris y Campo Muñoz (1999), su depósito que es centrípeto, lento y gradual, reduce la luz del túbulo y en dientes jóvenes su espesor es de 400 nm junto a la pulpa y de 750 nm en la vecindad de la conexión amelodentinaria. También Ivancik y col., (2012), señalan que la luz del túbulo está bordeado por dentina peritubular, cuyo espesor se acentúa en la vejez a raíz de los minerales que se depositan en el interior de los túbulos. Si bien la presencia de la dentina peritubular está estrechamente vinculada a madurez de la dentina, en el presente estudio, por razones obvias, no fue posible observarlo, salvo en el Grupo 4 que estuvo compuesto por dientes adultos formados y maduros, aunque tal análisis no estaba entre los objetivos propuestos.

La matriz intertubular, llamada así puesto que se distribuye entre las paredes de los túbulos, tiene como componente fundamental las fibras colágenas que forman una malla en la que se depositan los cristales de hidroxiapatita (Gómez de Ferraris y Campos Muñoz, 2009; Trowbridge y Kim 1999 y Kinney y col. 2003).

La falta de maduración dentinaria se manifiesta en la escasa mineralización que muestra la superficie dentinaria y la luz de los túbulos, sobre todo en los Grupos 2 y 3, situación que se hace muy evidente en la desnudez de las fibras colágenas, las cuales, con un trayecto que suele ser muy largo y generalmente recto -salvo que circunscriban el contorno de un túbulo- forman, a veces en orden y otras en total desorden, una apretada trama que servirá de sustento a la dentina intertubular. Por otra parte, simultáneamente van delimitando espacios redondeados para los futuros túbulos y construyendo, mediante

una matriz orgánica que adquiere el aspecto de una ceñida malla tubular, el andamiaje o armazón que guiará en la construcción de sus paredes (dentina peritubular).

Cuando el diente alcanza un mayor grado de madurez, pareciera que una capa mineralizada cubre la red colágena, no obstante, en el interior de los túbulos se observan, con nitidez, anillos de colágeno concéntricos y superpuestos, por lo que se interpreta que ellos son los últimos en madurar.

En cuanto al tratamiento de los dientes que no completaron la formación y maduración apical y su pulpa se ha necrosado, es bueno destacar que es una preocupación que los investigadores traen desde hace un siglo, y si bien en el transcurso de tantos años hubo importantes avances, los logros no fueron los deseados.

Coincidimos con Naseem y col. (2008), cuando sostienen que el tratamiento de los dientes incompletamente desarrollados con diagnóstico de pulpa necrosada requiere consideraciones especiales debido a que posee una apertura apical muy amplia, paredes dentinarias delgadas y divergentes y posibles lesiones periapicales. También coincidimos con Trope (2010) cuando expresa que los dientes inmaduros con pulpas no vitales presentan múltiples y variadas situaciones que pueden entorpecer el éxito del tratamiento endodóntico, y menciona, como muy importante, que el conducto radicular se encuentra infectado y que para su desinfección, a menudo se realizan intervenciones muy agresivas. Señala, además, que es muy difícil conseguir el sellado del conducto debido a que no existe una barrera apical que permita realizar su obturación sin que se produzca la extrusión del material de obturación hacia los tejidos periapicales, como así también, que las paredes dentinarias del conducto son delgadas y propensas a la fractura. Después de citar algunos de los inconvenientes que el tratamiento de un diente incompletamente desarrollado y necrótico ofrece, el autor agrega que tales problemas se podrían superar utilizando protocolos de desinfección que no incluyan la instrumentación, que estimule la formación de una barrera apical de tejido duro y refuercen las paredes del conducto radicular previniendo la fractura. Sin embargo, lo que llama la atención es que en ningún momento, ni estos ni otros autores, se refieran con cierta especificidad a la microestructura del terreno endodóntico, cuando es en ella donde se encuentran los mayores problemas.

En efecto, la mayor dificultad que ofrece el tratamiento de estos dientes ha sido, desde siempre, la limpieza y desinfección de su cavidad pulpar, incluidas sus ramificaciones y aun los túbulos dentinarios que en conjunto constituyen el espacio endodóntico. Por otra parte, en el caso de un diente en vías de formación, el terreno ofrece características muy especiales, no sólo porque actúa como un hábitat que

constituye, a su vez, un micro-ambiente muy particular que no sólo permite y favorece la llegada, asentamiento, desarrollo y formación de colonias de microorganismos que por distintas vías acceden desde de la microbiota bucal, sino también, porque les brinda protección y un seguro resguardo, aun frente a los distintos medios que se emplean en la desinfección.

Sundqvist (1992), considera que las interrelaciones bacterianas y el suplemento nutricional son factores determinantes para el desarrollo de la infección y no dudamos que en este ambiente ambas situaciones se cumplen. Sassone y col. (2012), describen con claridad el complejo panorama que ofrece un conducto radicular con pulpa necrótica. Para estos autores, las bacterias encuentran en él un entorno húmedo, caliente, nutritivo y anaerobio en el que están protegidas de todas las defensas que habitualmente dispone el huésped, ya que carece de los beneficios que le brinda la circulación sanguínea. Señala, a su vez, que en el inicio de la infección son las bacterias facultativas (se adaptan tanto en presencia como en ausencia de oxígeno) las que predominan, y después de unos días o semanas, el oxígeno se agota, ya que no hay aporte y hay consumo. Surge así un ambiente anaerobio ideal para que las bacterias anaerobias se desarrollen y para que en poco tiempo predominen en tan complejo ecosistema. Señalan además, que cuenta también con la principal fuente de nutrientes que la aporta la pulpa necrótica, y si bien por su pequeño volumen y degradación gradual pareciera ser finito, es la inflamación perirradicular la que garantiza una permanente fuente de nutrientes, en particular en forma de proteínas y glucoproteínas presentes en el exudado que a través de forámenes y foraminas, llega e inunda el sistema de conductos.

Consideramos que la variabilidad en las especies bacterianas que se alojan en el sistema de conductos radiculares contribuyen también, al difícil problema de la desinfección de los conductos, ya que tal como lo señalan Bae y col. (1997) y Ribeiro y col. (2011), los componentes de la microbiota no son constantes, ya que pueden variar según las circunstancias. Tani-Ishii y col. (1994), hablan de un proceso dinámico en el que aparentemente dominan diferentes especies en cada una de sus fases. Para Siqueira y col. (2007), las infecciones primarias se caracterizan por la presencia de una comunidad muy variada (multiespecies) donde predominan las bacterias anaerobias.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que aún no se conoce totalmente la microbiota de la cavidad pulpar. Rôcas (2001), se refiere a un microorganismo de reciente identificación: *Bacteroides forsythus*, y reclasificado como *Tannerella forsythensis*. También Siqueira y col. (2003), detectaron en conductos radiculares infectados la presencia de una especie no descrita anteriormente: *Filifactor alocis*. Es de

presumir entonces que aún hay posibilidades de que se sigan identificando nuevas especies vinculadas a las infecciones endodónticas que exijan aplicar otros procedimientos terapéuticos.

La organización tubular de la dentina predispone a que el tejido se comporte de distintas maneras, y en ello juega un rol muy importante el grado de formación radicular. La dentina de un diente joven se caracteriza por poseer abundantes y muy amplios túbulos, y esto hace que el tejido sea muy permeable, aun para los gérmenes, y tal como lo señalan Kinney y Marshall (2003), permite que el flujo de líquido dentinario no sólo se dé de dentro hacia fuera, sino también del exterior al interior, transportando componentes bacterianos. Ten Cate (1986), señala que la luz de los túbulos se reduce con la edad, un fenómeno que fue muy evidente en este estudio y que se debe al proceso de maduración y envejecimiento de la dentina mediante la acumulación de minerales en sus paredes (dentina peritubular).

Según Kakoli y col., (2009) el estrechamiento que el lumen de los túbulos experimenta como consecuencia de la edad, reduce las posibilidades de penetración de las bacterias hacia el interior del tejido, fenómeno que pareciera indicar, puesto que no está demostrado, que la profundidad de la infección es menor en pacientes mayores que en los jóvenes.

Otro aspecto a considerar es que de cada túbulo se desprenden numerosas ramificaciones que se unen a las de los túbulos vecinos conformando, sobre todo en la dentina joven, un sistemas de anastomosis tubular que, según lo expresa Kishen (2006), dificulta la desinfección, puesto que a él no llegan los efectos de los agentes irrigantes.

Según Garberoglio y Brännström (1976), los túbulos miden en sus extremos, donde son más estrechos, $0,9\ \mu\text{m}$, y este es un aspecto que hay que destacar, ya que concuerdan totalmente con el diámetro celular de la mayoría de las especies bacterianas orales que oscila entre $0,2$ y $0,7\ \mu\text{m}$. También Cvek y col. (1982) destacan que el tamaño de los microorganismos es menor que el de los túbulos por lo que pueden entrar y desarrollarse en su interior. Señalan, además, que la penetración a través de su luz es muy lenta si la pulpa es vital, y muy rápida en pulpas necrosadas.

En cuanto al particular mecanismo de la infección que es propio de la estructura dentinaria, Lin y Langeland (1991), sostienen que a menudo los gérmenes se adhieren fuertemente a las paredes del conducto en forma de biopelículas difíciles de remover y que la penetración en los túbulos no supera el tercio interno del espesor de la dentina. En cambio, Peters y col. (2001), demostraron que las bacterias llegaban hasta la dentina profunda, cerca del cemento, y que el cultivo anaeróbico de la dentina es más sensible

que la histología para detectar estas bacterias. Siqueira, y col. (2003), sostienen que la penetración superficial es la más frecuente y en algunos casos las bacterias alcanzan los 300 μm , aunque ello depende de la amplitud de los túbulos. Esto explicaría, según Carrigan y Morse (1984), -autores que si bien en su estudio consideraron la edad del diente, no incluyeron el diente joven-, la marcada accesibilidad que las bacterias muestran en el sector coronario, comparada con la mínima penetración bacteriana que se observa en la dentina apical.

Coincidimos con Sen y col. (1995) cuando sostienen que en base a los numerosos estudios realizados, se puede afirmar que el sistema de conductos radiculares puede estar altamente infectado y, en consecuencia, alojar microorganismos en todas sus áreas. Ocurre lo mismo con Nair y col. (2005) cuando expresa que la complejidad anatómica del sistema de conductos en raíces mesiales de molares inferiores y la organización de la flora como biofilms en áreas inaccesibles del mismo, no pueden eliminarse con instrumentos ni con la irrigación, motivo por el cual se deben aplicar todas las medidas químico-mecánicas no antibióticas con el fin de alterar los biofilms y reducir la carga bacteriana. En cuanto al aspecto anatómico del conducto, no siempre considerado por los autores en el momento de referirse a la desinfección del conducto, creemos que es necesario destacar que distintos trabajos realizados en nuestro medio (Visvisian y col. 1997; Gani y Visvisian, 1999; Artal y Gani, (2000); Urrutia (2013), Zampa (2016); Gani y col. 2014) entre otros, demuestran que cuando más joven es el diente, mayor es la complejidad de la cavidad endodóntica y por lo tanto, más difícil es su limpieza y desinfección.

En base a la bibliografía consultada se puede decir que existen dos tipos de tratamientos para estos dientes, uno considerado como tradicional, denominado de **“Apicoformación” o “apexificación”**, que suele ser catalogado como agresivo, con el cual sólo se logra que una barrera calcificada produzca el cierre apical, y otro, de reciente aplicación, menos agresivo y aparentemente más efectivo que se basa en técnicas de regeneración tisular y con amplias posibilidades de aplicación en el campo de la Endodoncia. Con él se busca la formación del ápice radicular y el refuerzo de las paredes del conducto, aunque tales intervenciones aún se encuentra en fase experimental, ya que todavía persisten muchas dificultades que salvar, y no dudamos en decir que gran parte de ellas guardan relación con el desconocimiento del terreno endodóntico..

El hecho de que a la técnica tradicional se tilde como agresiva tiene sus razones, puesto que en el intento de eliminar la infección, los conductos se trataban mediante el empleo de instrumentos diseñados específicamente con ese fin (Limas Heströem y limas

cola de ratón), de modo tal que sus filos tenían una amplia capacidad de corte y que prácticamente ya no se utilizan, sobre todo las últimas.

Torneck y col. (1973) con muy buen criterio, señalan que un cuidadoso desbridamiento del conducto es un factor primario para garantizar la formación del ápice, ya que eliminando los productos de descomposición de los tejidos se reduce al mínimo la inflamación periapical, sin embargo -agregan después- que la amplitud del conducto en estos dientes impide aplicar los movimientos tradicionales de la instrumentación e indican un movimiento de limado circunferencial.

Leonardo y Leal en 1998, recomiendan curvar algunos milímetros la extremidad de una lima tipo K calibre 25, de tal forma que al instrumentar describa un movimiento circular, a los efectos de profundizar la limpieza en el sector apical, un procedimiento, a nuestro entender, de extremada agresividad para ser aplicado justamente en el sector más vulnerable del conducto. Años después, aún no conforme en sus resultados, Leonardo, (2005), insistía en efectuar una limpieza más profunda, por lo que aconsejaba un movimiento de vaivén forzando el mango del instrumento con el fin de lograr mayor presión y efectividad.

Lo insólito de estos conceptos -que los autores en general compartían-, es que los mismos que hablaban de la endebles y fragilidad de estos dientes, recomendaban, a su vez, agresividad en el método de limpieza. Además, entendiendo que la instrumentación por sí sola no era suficiente para obtener la limpieza y desinfección de los conductos, recomendaban utilizar agentes irrigantes con acción antiséptica y de arrastre que hoy se señalan como perjudiciales (Fuentes y col. 2003; Toledano y col. 2005), como así también, otros fármacos de efecto tóxico (Cohen 2004), que en general eran letales para las células vivas residuales.

El enfoque del problema en la actualidad es muy distinto. El tratamiento que hoy se aplica se basa en la ingeniería tisular y se la introdujo con la vieja denominación de "revascularización", tratamiento que para Shah y col. (2008) se aplica en dientes no vitales e inmaduros y que consiste en estimular la regeneración de los tejidos ápico-periapicales para inducir la apexogénesis. Para Murray y col. (2007), la revascularización se basa en la generación de una matriz de tejido estéril a la que se le proporcionan nuevas células, las que pueden crecer y restablecer la vitalidad pulpar.

Por nuestra parte creemos más adecuado hablar de Endodoncia regenerativa, tal como lo hace Diógenes y col. (2017), ya que lo que se pretende mediante el tratamiento endodóntico, es ayudar al fisiologismo de los tejidos comprometidos, en este caso el pulpar y/o periodontal, para que se complete el desarrollo de la raíz y el depósito de tejido

duro en sus paredes. Por otra parte, la “Endodoncia Regenerativa” se fundamenta la capacidad que posee un coagulo para cicatrizar y reparar tejidos y que bien puede ser aplicada en un diente parcialmente desarrollado con pulpa necrosada e infectada.

Sin embargo, y si bien es mucho lo que se ha avanzado, la preocupación de los investigadores aún se centra en encontrar el modo de desinfectar el endodonto, que no sólo se circunscribe a la cavidad pulpar, ya que se extiende a todas sus ramificaciones, incluidos los túbulos dentinarios, cuya densidad y amplitud es mayor en el diente joven. Esto hace suponer, -ya que no está demostrado- que la configuración estructural de un dientes en vías de formación, allana el camino para que los gérmenes penetren y avancen en la profundidad de la dentina, hecho que, por otra parte, obstaculizaría y hasta impediría la efectividad de los agentes utilizados en la desinfección.

Tal situación hizo que el tema de los agentes irrigantes se reactualizara. Para Sim y col. (2001), el hipoclorito de sodio sigue siendo el agente irrigante de elección para el tratamiento de conductos infectados, ya que es eficaz tanto por su efecto antiséptico como por su capacidad para degradar y eliminar material necrótico. Haapasalo y col. (2010) le atribuye también capacidad para disolver restos de pulpa, colágeno y los principales componentes orgánicos de la dentina, siendo el único irrigante del conducto radicular que disuelve el tejido necrótico y vital. También Cárdenas-Bahena y col. (2012), destacan que la capacidad de disolución de tejido orgánico de estas soluciones, hace que fragmentos de pulpa en estado sólido sean disueltos por la propia solución irrigante, facilitando su remoción del interior del conducto radicular. Por otra parte, Mohammadi (2015), destaca la alta actividad antibacteriana del hipoclorito de sodio, aún ante microorganismos muy resistentes como el *Enterococo Faecalis* presentes en los conductos radiculares, aunque sólo en altas concentraciones, como así también una elevada acción antifúngica frente a *Candida Albicans*, la familia de los hongos más frecuente en la cavidad oral.

Sin embargo, junto con estudios de este tenor hay, a su vez, otros que demuestran que además de sus efectos terapéuticos, también se acompaña de efectos no deseados que van desde erosiones en la dentina a su desorganización morfológica, principalmente en el colágeno, como así también, pérdida de estructura y de dureza en su matriz inorgánica. Fuentes y col., (2003), compararon la microdureza Knoop de la dentina sin tratamiento con la tratada con hipoclorito de sodio y comprobaron que su reducción es de 60,3 a 30 HK. También Toledano y col., (2005), reportaron que la dureza Knoop de la dentina tratada con hipoclorito de sodio es 50% más baja que la dentina no tratada.

El efecto negativo que el hipoclorito de sodio posee sobre la dentina, como el de otras sustancias, pareciera no haber sido preocupación de los autores. El hecho de que pese a las numerosas experiencias realizadas, aún no haya consenso en cuanto a cuál es la solución de hipoclorito de sodio ideal, genera, según Byström y Sundqvist, (1985), serios interrogantes. A ello se debe, sin duda, a que a menudo los autores, basados sólo en la necesidad de lograr la limpieza y desinfección del conducto, aconsejan utilizar altas concentraciones. Sirva como ejemplo la recomendación que hacen los autores antes citados, ya que para ellos, “una irrigación frecuente y copiosa con una solución al 2,5%, puede ser muy efectiva, y se evitarían el efecto irritante que las altas concentraciones producen sobre remanentes vitales”, pero nada dicen respecto a los posibles efectos nocivos que el irrigante tiene sobre las estructuras de un diente inmaduro. Quizás otro hubiera sido el comentario si se hubiese considerado el terreno.

Sin embargo, y como a menudo ocurre, hay grandes contradicciones, ya que para Borro y col. (2010), la concentración del hipoclorito de sodio no es un factor directo que influya en la mayor o menor limpieza de los conductos. Consideran que la activación de la irrigación es necesaria para lograr conductos más libres de residuos y que el uso de una solución quelante es fundamental para la eliminación del componente inorgánico del barro dentinario.

Se incorpora así otro agente de irrigación, aunque en este caso se trata del EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) que es un aglutinante de calcio (agente quelante) muy eficaz. Según Haapasalo y col. (2005), tiene baja toxicidad y generalmente se lo utiliza después de la irrigación con hipoclorito de sodio para remover la capa residual. Señalan además que su efecto antibacteriano es escaso o ninguno. También Sen y col. (1995), sostienen que el EDTA remueve la capa de *smear layer* o capa residual que recubre las paredes del conducto como producto de la instrumentación, lo que produce un bloqueo de la luz de los túbulos dentinarios, impidiendo que los efectos de los antisépticos actúen en profundidad, motivo por el cual, sugiere que la preparación del conducto termine mediante la irrigación con EDTA al 17% dejándolo actuar como mínimo durante 5 minutos.

Haapasalo y col. (2010) señala que el efecto del EDTA es rápido y auto-limitante. Desmineraliza la dentina (entre 20 y 50 μm), reduce su dureza y abre los túbulos. Hülsman (2013), sostiene que el EDTA es capaz de reducir los minerales, las proteínas y colágenas, el contenido de fosfoproteína de la dentina y ablandarla sin provocar erosión en sus superficie. Zhao y col. (2000), le atribuyen la propiedad de exponer las proteínas de los factores de crecimientos incluidas en las paredes dentinarias. Sin embargo,

debemos destacar que todas estas experiencias se hicieron en dientes maduros, razón por la cual, no se conoce aún como inciden los efectos del EDTA en la dentina de un diente que está en vía de formación y maduración, más aún si actúa asociado al hipoclorito de sodio.

El medicamento recomendado como estimulante de la apicoformación en dientes incompletamente desarrollados fue, desde siempre, el hidróxido de calcio (Ca(OH)_2). Ding y col. (2009) sostienen que el tratamiento de apexificación induce el cierre del ápice, pero no promueve su formación ni el engrosamiento de las paredes dentinarias del conducto radicular, motivo por el cual, un diente con un conducto muy amplio tiende a fracturarse con mayor facilidad.

Andreasen y col. (2002), informan que una medicación prolongada con hidróxido de calcio sólo puede inducir a la formación de una barrera de tejido duro en el ápice, pero no un mayor desarrollo radicular. Señala además que a corto o largo plazo disminuye la resistencia dentinaria y predispone a la fractura de la raíz, aspecto este que, a nuestro entender, merece ser reconsiderado, ya que el problema en el diente inmaduro es, precisamente, la falta de mineralización.

Sjögren y col. (1991), señala que el efecto del hidróxido de calcio se obtiene a partir del séptimo día de permanencia en el conducto, ya que es desde entonces que la dentina adquiere un pH altamente alcalino, en el cual la mayoría de las bacterias comúnmente aisladas en los conductos infectados no pueden desarrollarse, aun cuando posee un limitado espectro antibacterial, ya que no actúa sobre todos los componentes de la microbiota endodóntica. Sin embargo, y aun cuando parece ser menos eficaz frente a ciertas especies bacterianas, posee menos citotoxicidad que otros agentes.

El problema de la limpieza y desinfección es un tema aún no resuelto, ya que la mayor dificultad se encuentra en la elección del agente de desinfección, y tal como quedó expresado, el que más condiciones reúne es el hipoclorito de sodio, pero también es el que más toxicidad posee. Esto hizo que Sato y col. (1993), reintrodujeran el empleo de los antibióticos para desinfectar los conductos, un procedimiento que Grosman (1951), propuso sin éxito a mediados del siglo pasado. Los autores antes citados propusieron una pasta a la que llamaron “pasta triantibiótica”, puesto que poseía tres componentes: Metronidazol, Mynociclina y Ciprofloxacina y que era efectiva en dentina infectada por *Escherichia coli*. Por otra parte, también Hoshino y col. (1996), utilizan una combinación de tres antibióticos (ciprofloxacina, metronidazol y minociclin) para eliminarlas bacterias de la dentina.

No cabe duda que para Sato y col. (1993) y para Hoshino y col. (1996), el uso de una combinación de antibióticos como agente desinfectante del sistema de conductos es un valioso complemento para las técnicas endodónticas regenerativa, puesto que lo consideran como un medio favorable para el crecimiento de vasos y de células de regeneración. La efectividad de la pasta triple fue experimentada en animales por Windley y col. (2005), donde comprueban que en el 70% de los casos el control bacteriológico fue negativo.

Para Diogenes y col. (2017), son variados los medios que en la actualidad se emplean y que el método de desinfección que predomina es en base a antibióticos. Consideran, además, que si bien son diversos los procedimientos que se aplican en la endodoncia regenerativa, todos poseen rasgos comunes, ya que la mayoría de las técnicas coinciden en: a.- que la instrumentación debe evitarse o ser mínima; b.- que una vez efectuada la desinfección, el medicamento debe ser retirado para provocar la hemorragia que formará el coágulo; c.- que casi todos los casos controlados correspondían a pacientes de entre 8 y 18 años, por lo que la edad parece ser un factor importante; d.- que junto con la edad, hay que considerar la fase de desarrollo radicular, ya que a mayor diámetro de la apertura apical, mayor es el crecimiento de tejido invasivo y mayor el aporte de células madres mesenquimatosas en el conducto radicular; e.- que la ausencia de instrumentación evita el barro dentinario y la obstrucción de los túbulos, aunque la no instrumentación del conducto puede permitir que biopelículas bacterianas persistan en los túbulos dentinarios; f.- que el hipoclorito de sodio se utiliza en muchos casos; g.- que en la actualidad predomina el empleo de pasta triple antibióticas y h.- que el protocolo de desinfección se basó principalmente en el método químico que en el químico-mecánico.

A manera de reflexión final ante el problema que ofrece el tratamiento de la infección en dientes en vías de formación, y basados en las múltiples observaciones que al respecto hacen Diogenes y col. (2017), y que a menudo se traducen en dificultades, se puede decir que llama la atención que se hayan efectuado tantos estudios y con tantos enfoques y que no se haya tenido en cuenta el terreno endodóntico; que se hable del efecto deletéreo que puede tener una sustancia sobre los gérmenes o el tejido vivo y no se haya considerado sus consecuencias sobre la estructura dentinaria evidentemente inmadura, ya que no se contemplan los efectos y secuelas que una solución de hipoclorito de sodio o de EDTA o una combinación de ambas pueden tener sobre la incipiente estructura inorgánica de un diente en formación, o sobre las tramas de fibras colágenas evidentemente expuestas por inmadurez, tanto en la dentina intertubular como en la tubular, la cual, al parecer, es la última en madurar.

En cuanto a la composición química de la dentina, Morse, (1991) señala que está compuesta por un 70% de materia inorgánica, 18% de materia orgánica y 12% de agua, mientras que para Tem Cate, (1998), posee, aproximadamente, un 45% de minerales, un 33% material orgánico (principalmente colágeno de tipo I) y un 22% de líquido. Según Gómez de Ferraris y Campos Muñoz, (1999), la matriz inorgánica está formada, principalmente, por cristales de hidroxiapatita y una cierta cantidad de fosfatos amorfos, carbonatos, sulfatos y oligoelementos tales como fluoruro, cobre, zinc, hierro y magnesio. Para Tjäderhane (2012), el principal componente de la matriz orgánica es el colágeno tipo I, aunque también se describe la presencia de trazas de colágeno tipo III, con un 10% de proteoglicanos y otras proteínas no colágenas y menos del 2% son lípidos.

Evidentemente, los resultados son muy dispares, y si bien los valores son de carácter general, se asume que existen variaciones según del tipo de diente y la edad del paciente. Sin embargo son muy escasos los autores que al referirse a las propiedades físicas de los tejidos del diente consideran dichos aspectos, como tampoco se considera el sector del diente analizado, aun cuando Arola y col. (2012) señalan que existen diferencias entre la dentina coronaria y radicular. Ocorre lo mismo en cuanto a su espesor, ya que, tal como lo expresa Tesch y col. (2001), su contenido orgánico decrece desde la pulpa hacia la periferia, sector, este último, donde se reduce el número y tamaño de los túbulos y aumenta la cantidad de dentina intertubular.

Un compuesto mineral de relevancia en el tejido dentario es la hidroxiapatita (HAP), la que está formada por fosfato de calcio cristalino $[Ca_5(PO_4)_3(OH)]$. En este mineral, la relación de concentración en peso de Ca/P es de 2,14, valor que se obtuvo a partir de los pesos atómicos de ambos elementos y de la cantidad de átomos que conforman la molécula, y que en este estudio se tomó como referencia para comparar los análisis realizados en las muestras que componen cada uno de los grupos. Se consideró también la relación Ca/F, a los efectos de observar como varía la mineralización en los dientes de los distintos grupos. El análisis del contenido mineral de la dentina efectuado mediante el microanálisis con EDS, mostró la presencia de oxígeno (O), sodio (Na), magnesio (Mg), fósforo (P), calcio (Ca) y flúor (F). Al respecto, Tresguerres y col, (2010), señalan que los principales componentes químicos de la hidroxiapatita son el calcio y el fosfato, y que en su estado natural contiene porcentajes mínimos de sodio, cloro, carbonatos y magnesio, los cuales juegan un papel preponderante en la función remodeladora de los tejidos duros.

En el examen experimental realizado en este estudio se observó que ciertos grupos presentaban una indistinguibilidad estadística, debido a la dispersión de los datos

que surgen de mediciones realizadas sobre muestras (dientes) que pertenecían a distintos individuos. Sin embargo, a pesar de ello, se comprobó que los valores medios obtenidos en cada estudio, siempre mostraron una tendencia definida.

En efecto, los resultados obtenidos muestran que en el Grupo A (dientes en vías de formación), la relación Ca/P fue de 1,67 y de 2,08 en el Grupo B (dientes formados y maduros), valor, este último, que coincide exactamente (2,08) con el que obtuvieron Panighi y G'Sell, (1993), y muy cercano al obtenido por Tjaderhanel y col., (1995), que fue de 2,07, ambos en estudios donde no se consideró la edad y posiblemente realizados en dientes maduros.

Cabe destacar que contrastados entre sí los valores correspondiente a cada sector, se comprobó que la relación Ca/P fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en el grupo de dientes maduros (2,06, 2,10 y 2,08) que en los dientes inmaduros (1,55, 1,74 y 1,72), aun cuando Kinney y col. (2003), sostiene que la dentina coronaria posee mayor contenido de calcio y mayor relación Ca/P. Corresponde aclarar que este análisis es sólo orientativo, ya que lo que se compara son dientes debidamente identificados (premolares jóvenes con distinto grado de desarrollo radicular), con dientes sin ningún tipo de identificación y que posiblemente procedían de pacientes adultos.

En cuanto a la relación Ca/F, los resultados muestran, al igual que en la relación Ca/P, que la diferencia fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en el Grupo B (122,51) que en el Grupo A (76,05), como así también entre los tres sectores de la raíz analizados (coronario, medio y apical), cuyos valores fueron respectivamente de 69,2; 99,7 y 59,2 en el Grupo A y de 110,0; 144,5 y 112,9 en el Grupo B con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Como cierre de este análisis se puede decir que la relación Ca/P fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en dientes formados y maduros que en dientes en vía de formación. Distinta es la situación si la relación se considera entre sectores del diente, ya que si bien las diferencias fueron significativas ($p < 0,05$) en dientes incompletamente desarrollados, en dientes formados y maduros carecieron de significación ($p > 0,05$), resultados que a todas luces son de indiscutida coherencia. Respecto a la relación Ca/F, las diferencias entre grupos resultaron aún más notorias y por lo tanto significativas ($p < 0,05$), lo que evidencia una clara tendencia hacia una mayor calcificación en función de la edad o madurez dentaria, acompañada por pérdida de flúor.

Respecto a la dureza dentinaria, Van Meerbeek y col. (1993), señalan que existe una correspondencia positiva entre ella y el contenido mineral del diente. Para Kinney y col. (2003), las variaciones en las propiedades mecánicas de la dentina, entre las que

cuenta la dureza, se basan en las características de los túbulos dentinarios y en su mayor o menor contenido mineral, correlaciones, ambas, que se evidenciaron en este estudio.

Los ensayos de microdureza realizados en esta experiencia muestran que en el Grupo B (dientes formados y maduros) la microdureza, con un valor de 55,5 HK, es significativamente mayor ($p < 0,05$) que en el Grupo A (dientes en vías de formación) donde fue de 42,7 HK, comportamiento que es lógico, ya que, tal como lo señalan los autores antes citados, la microdureza guarda una estrecha correlación con el grado de mineralización. Por otra parte, para Zimmerman y col. (2011), la microdureza también acompaña al incremento del espesor de la dentina que ocurre con la edad, aunque a nuestro entender, el factor que más influye en este caso no es el espesor dentinario, sino en el engrosamiento de la dentina peritubular, dentina que como ya se dijo, posee una mayor carga de minerales que la dentina intertubular (Miller y col. 1971 y Tronstad 1973). Por otra parte, el valor promedio obtenido en el Grupo B (dientes formados y maduros) (55,5 HK), coinciden con el que según Saleh y Ettman (2004), posee la dentina mineralizada y que oscila entre 48,6 y 54,0 el cual, a su vez, es más bajo que el valor medio (60,7 HK) que presentan Craig y col. (1958).

En cuanto al análisis comparativo entre sectores de la raíz (coronario, medio y apical), cuyos valores en el Grupo B (raíces formadas y maduras), fueron respectivamente de 53,6, 55,0 y 58,0 HK, muestran que las diferencias no eran significativas ($p > 0,05$), sin duda porque en este grupo la maduración dentinaria alcanzó toda la cavidad pulpar, aunque las mayores diferencias entre grupos se manifestaron en el sector apical. En cambio, en el Grupo A (raíces en vías de formación), las diferencias entre sectores (48,5, 42,0 y 37,6 HK respectivamente), fueron estadísticamente significativas ($p < 0,05$), situación que puede ser atribuida a los distintos grados de maduración que cada sector ofrece.

En correlación con el estudio de contenido mineral antes mencionado, se verificó que entre los Grupos A y B existe correspondencia en cuanto a los valores obtenidos en la relación Ca/P y Ca/F, y en consecuencia, con los valores correspondientes al grado de microdureza dentinaria.

Como corolario del presente estudio que tuvo como enfoque el análisis del terreno endodóntico en dientes incompletamente desarrollados, se puede decir que los resultados permitieron no sólo conocer aspectos de la estructura dentinaria, sino también y muy particularmente, relacionar la falta de desarrollo del diente y en especial el de la de la raíz, con la falta de formación y maduración del tejido dentinario. Permitieron también redescubrir estructuras que en parte eran conocidas, pero que no se asociaban con las

de un diente en vías de formación, como así también, que a menor grado de formación radicular, mayor es la inmadurez dentinaria y que el proceso de maduración de un diente no termina con la formación de la raíz. Permitieron, además, reconocer que la escasa mineralización y la abundancia de matriz orgánica por inmadurez, hacen de las paredes de la cavidad pulpar de un diente incompletamente desarrollado sean estructuras endebles, poco consistentes y carentes de firmeza, susceptibles, por lo tanto, de ser dañadas por efectos mecánicos o químicos con repercusión inmediata o a distancia.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. El análisis comparativo de la estructura dentinaria entre dientes permanentes con distinto grado de desarrollo radicular permitió conocer distintos aspectos de su microestructura tubular y, particularmente, reconocer y valorar en ellos la cavidad endodóntica como un terreno quirúrgico muy complejo y poco conocido.
2. Comparado entre grupos el valor promedio de túbulos, se observó que su densidad decrece a medida que la raíz completa su formación, con diferencias que, en general, tienden a ser significativas entre grupos extremos. En cambio, el contraste entre sí y dentro de cada grupo de los valores correspondientes a los sectores coronario, medio y apical, mostró que en todos ellos el número de túbulos disminuía significativamente en sentido corono-apical.
3. Del mismo modo que en el número, la luz de los túbulos decrece con el desarrollo radicular, aunque las diferencias son claramente significativas sólo entre los grupos extremos. En cambio, el contraste entre los tres sectores analizados dentro de cada grupo, mostró que la amplitud de los túbulos decrece significativamente en sentido corono apical en todos los casos.
4. El estudio del terreno endodóntico en dientes con distintos grados de desarrollo radicular a través de un análisis microestructural, permitió evaluar y correlacionar el proceso de formación y maduración de la dentina con el proceso de formación y maduración del sector radicular del diente, y entender que si en su proceso evolutivo el ápice no completó su formación y maduración, tampoco la completaron sus túbulos.
5. Si bien los parámetros anatómicos establecen que el conducto de un diente está formado y en condiciones de ser tratado tres años después de su erupción, los resultados muestran que ese lapso es insuficiente para que un diente complete la formación y maduración de su ápice y conducto, razón por la cual un diente en estas condiciones debería ser considerado como en vías de formación.
6. La inmadurez dentinaria se traduce en la escasa mineralización y en la desnudez de las fibras colágenas, las cuales, además de construir la trama de la dentina intertubular, también delimitan los túbulos y construyen el soporte para sus paredes (dentina peritubular). En cambio, la madurez se revela a través de depósitos mineralizados que en sus inicios cubren la trama fibrilar de la matriz

- intertubular y luego la de la pared de los túbulos, cuya estructura pareciera ser la última en madurar.
7. La relación Ca/P valorada mediante el análisis mineral y evaluada entre los sectores coronario, medio y apical, mostró que en dientes en vías de formación las diferencias son significativas, no así en dientes formados y maduros. En cambio, comparados ambos grupos entre sí, se comprobó que las diferencias son significativas. Respecto a la relación Ca/F, los resultados mostraron un marcado aumento en función del grado de desarrollo radicular y madurez dentinaria con diferencias significativas tanto entre sectores como entre grupos.
 8. Contrastados entre sí los valores de la microdureza dentinaria obtenidos en dientes en vía de formación (42,7 HK) y dientes formados y maduros (55,5 HK), reveló que entre ellos las diferencias fueron significativas. En cambio, el análisis entre los tres sectores de la raíz mostró que en los primeros la dureza disminuía significativamente en sentido corono-apical, no así en los segundos donde no fueron significativos. Cabe destacar que las mayores diferencias se observaron en el sector apical (37.6 HK y 58.0 HK respectivamente).
 9. La microdureza dentinaria en dientes en vías de formación es menor que en aquellos que completaron la formación y maduración de sus estructuras, lo que implicaría un mayor riesgo y una mayor predisposición a la fractura que en dientes formados y maduros. Se verificó además, un significativo aumento de la relación Ca/P y Ca/F en función del grado de desarrollo radicular y madurez dentinaria y una evidente correlación con la dureza dentinaria.
 10. La endeblez del terreno en un diente en formación habla no sólo de la vulnerabilidad ante los gérmenes, sino también ante los medios físicos y químicos que habitualmente se emplean para la limpieza y desinfección de un ámbito que es complejo, poco conocido y escasamente valorado en el momento de aplicar los protocolos terapéuticos, razón por la cual, los resultados obtenidos abren caminos para nuevas investigaciones, a los efectos de contribuir a las prácticas regenerativas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abramovich A. *Histología y embriología dentaria*. 2ª. Buenos Aires: Panamericana, 1999.
2. Aeinehchi M, Eslami B. Ghanbariha, M y AS, Saffar. «Mineral Trioxide Aggregate (MTA) and Calcium Hydroxide as Pulp-Capping Agents in Human Teeth: A Preliminary Report». *International Endodontic Journal* 36, n.º 3 (marzo de 2003): 225-31.
3. Aguado, JM. De la Cruz, CM. y E Barberia. «Posibilidades Terapéuticas Del Agregado Trióxido Mineral (MTA) En Odontopediatría». ResearchGate, s. f. https://www.researchgate.net/publication/257920006_Posibilidades_terapeuticas_d_el_Agregado_Trioxido_Mineral_MTA_en_odontopediatria.
4. Ahmad M. An Analysis of Breakage of Ultrasonic Files during Root Canal Instrumentation. *Endodontics & Dental Traumatology* 5, n.º 2 (abril de 1989): 78-82.
5. American Association of Endodontists. Glossary: Contemporary Terminology for Endodontics. Chicago, Ill.: American Association of Endodontists, 1998.
6. American Pharmaceutical Association. *National Formulary*. Baltimore, 1926.
7. Andreasen JO. Avulsión dentaria. En *Lesiones dentarias traumáticas*, 113-31. Madrid: Panamericana, 1990.
8. Andreasen, JO. Ban Farik, S y EC Munksgaard. Long-Term Calcium Hydroxide as a Root Canal Dressing May Increase Risk of Root Fracture. *Dental Traumatology: Official Publication of International Association for Dental Traumatology* 18, n.º 3 (junio de 2002): 134-37.
9. Arola DD. Fracture and aging of dentine. En *Dental Biomaterials: Imaging, Testing and Modelling (Woodhead Publishing Series in Biomaterials)*. Boca Raton, Fla.: Woodhead Publishing, 2008.
10. Atabek, D. Sillelioğlu, H. Çinar, C y A, Ölmez. Maturogenesis of an Early Erupted Immature Permanent Tooth: A Case Report With 7-Year Follow-Up. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 39, n.º 3 (2015): 262-67. <https://doi.org/10.17796/1053-4628-39.3.262>.
11. Avery, JK. y, Chiego D Jr. Desarrollo de los dientes. En *Principios de histología y embriología bucal.*, 3 ed., 63-80. España: Mosby, El Sevier, 2007.
12. Azarpazhooh, A. y Hardy Limeback. The Application of Ozone in Dentistry: A Systematic Review of Literature. *Journal of Dentistry* 36, n.º 2 (febrero de 2008): 104-16. <https://doi.org/10.1016/j.ident.2007.11.008>.
13. Bae, KS. Baumgartner, JC. Shearer, TR y LL, David. Occurrence of *Prevotella Nigrescens* and *Prevotella Intermedia* in Infections of Endodontic Origin. *Journal of Endodontics* 23, n.º 10 (octubre de 1997): 620-23. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(97\)80173-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(97)80173-2).
14. Bakland, LK. Management of Traumatically Injured Pulp in Immature Teeth Using MTA. *Journal of the California Dental Association* 28, n.º 11 (noviembre de 2000): 855-58.

15. Banchs, Francisco, y Martin Trope. Revascularization of Immature Permanent Teeth with Apical Periodontitis: New Treatment Protocol? *Journal of Endodontics* 30, n.º 4 (abril de 2004): 196-200. <https://doi.org/10.1097/00004770-200404000-00003>.
16. Barret MT. The Dakin-carrel antiseptic solution. *Dent Cosmos* 1917; 59: 446-448.
17. Bascones Martínez, A. Aguirre Urizar, JM. Ambrosio Bermejo, F. Blanco Carrión, A. Gay-Escoda, C. González Moles, et al. Documento de consenso sobre el tratamiento antimicrobiano de las infecciones bacterianas odontogénicas. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal (Ed. impresa)* 9, n.º 5 (diciembre de 2004): 363-76.
18. Bascones Martínez, A. Mudarra Morantes, S y E. Perea Pérez. Antisépticos en el tratamiento de la enfermedad periodontal. *Avances en Periodoncia e Implantología Oral* 14, n.º 3 (octubre de 2002): 101-14.
19. Baumgartner, JC. y WA, Falkler. Bacteria in the Apical 5 Mm of Infected Root Canals. *Journal of Endodontics* 17, n.º 8 (agosto de 1991): 380-83.
20. Baumgartner, JC. Watkins, BG. Bae, KS y T, Xia. Association of Black-Pigmented Bacteria with Endodontic Infections. *Journal of Endodontics* 25, n.º 6 (junio de 1999): 413-15. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(99\)80268-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(99)80268-4).
21. Baumgartner, J. Craig, Saeng-usa, K y T, Xia. Identification of Spirochetes (Treponemes) in Endodontic Infections. *Journal of Endodontics* 29, n.º 12 (diciembre de 2003): 794-97. <https://doi.org/10.1097/00004770-200312000-00002>.
22. Baumgartner, JC. Siqueira, JC. Xia, T y IN, Róças. Geographical Differences in Bacteria Detected in Endodontic Infections Using Polymerase Chain Reaction. *Journal of Endodontics* 30, n.º 3 (marzo de 2004): 141-44. <https://doi.org/10.1097/00004770-200403000-00004>.
23. Belobrov, I. y P, Parashos. Treatment of Tooth Discoloration after the Use of White Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics* 37, n.º 7 (julio de 2011): 1017-20. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.04.003>.
24. Berastegui Jimeno, EM. Ballester Palacios, ML. Tratamiento de apicoformación con Pro Root-MTA. *Endodoncia* 21: 7-12 (2003).
25. Bergenholtz, G. y J, Crawford. Microbiología endodóntica. En *Endodoncia, principios y práctica clínica*, 287-302. México: McGraw-Hill., 1991.
26. Berkow R y Beers MH. *Merck Manual of Geriatrics*. Edit. Mark H. Beers M.D y Robert Berkow M.D. 3ª. Whitehouse Station, N.J: Merck, 2000.
27. Betancourth, M. Roger Arce, J. Botero, A. Jaramillo, C. y Adolfo Contreras. Microorganismos inusuales en surcos y bolsas periodontales. *Colombia Médica* 37, n.º 1 (2006): 6-14.
28. Borro Rivera, I. Tomás Murillo, B y Díaz-Flores García V. Estudio in vitro con Microscopio Electrónico de Barrido de distintos métodos de activación de soluciones irrigantes. *Cient. Dent.*, Vol. 7, Núm. 1, (Abril 2010). Pág. 45-52.
29. Böttcher, D E. Nicole, T. Sehnem, F. Montagner, C. Cavalcanti Fatturi P, y Fabiana Soares Grecca. Evaluation of the Effect of Enterococcus Faecalis Biofilm on the 2%

- Chlorhexidine Substantivity: An In Vitro Study. *Journal of Endodontics* 41, n.º 8 (agosto de 2015): 1364-70. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.04.016>.
30. Byers, MR. Schatteman, GC y M. Bothwell. Multiple Functions for NGF Receptor in Developing, Aging and Injured Rat Teeth Are Suggested by Epithelial, Mesenchymal and Neural Immunoreactivity. *Development (Cambridge, England)* 109, n.º 2 (junio de 1990): 461-71.
31. Bystrom, A. y G. Sundqvist. The Antibacterial Action of Sodium Hypochlorite and EDTA in 60 Cases of Endodontic Therapy. *International Endodontic Journal* 18, n.º 1 (enero de 1985): 35-40.
32. Cabreja Hernández, C. Díaz Valladares, I. y Orlando Fernández Medina. Prevalencia de los terceros molares retenidos en alumnos de la Facultad de Estomatología del Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana: curso 1988-1989. *Rev. cuba. estomatol* 27, n.º 3 (septiembre de 1990): 313-21.
33. Calatayud, J. Casado, I. y C. Álvarez. Análisis de los estudios clínicos sobre la eficacia de las técnicas alternativas al formocresol en las pulpotomías de dientes temporales. *Avances en Odontoestomatología* 22, n.º 4 (agosto de 2006): 229-39.
34. Calt, S. y Ahmet Serper. Time-Dependent Effects of EDTA on Dentin Structures. *Journal of Endodontics* 28, n.º 1 (enero de 2002): 17-19. <https://doi.org/10.1097/00004770-200201000-00004>.
35. Camp, JH. Tratamiento endodóntico en odontopediatría. En *Endodoncia Los caminos de la pulpa*, 5 ed. pag 873. México: Panamericana, 1995.
36. Canalda Sahli, C. *endodoncia: técnicas clínicas y bases científicas*. 3 ed. Barcelona: Masson., 2001.
37. Cárdenas-Bahena, AS. Sánchez-García. Tinajero-Morales, C. González-Rodríguez, VM. y Laura Baires-Vázquez. Use of Sodium Hypochlorite in Root Canal Irrigation. Opinion Survey and Concentration in Commercial Products. *Revista Odontológica Mexicana*, Vol. 16, No. 4 (October-December 2012) pp 252-258.
38. Carrigan, PJ. Morse, DR. Furst, ML y IH, Sinai. A Scanning Electron Microscopic Evaluation of Human Dentinal Tubules According to Age and Location. *Journal of Endodontics* 10, n.º 8 (agosto de 1984): 359-63. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(84\)80155-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(84)80155-7)
39. Chawla, HS. Tewari, SA. y E. Ramakrishnan. A Study of Apexification without a Catalyst Paste. *ASDC Journal of Dentistry for Children* 47, n.º 6 (diciembre de 1980): 431-34.
40. Chaple Gil, AM, y Herrero Herrera, L. Generalidades del agregado de trióxido mineral (mta) y su aplicación en odontología: revisión de la literatura. *Acta Odontologica Venezolana*, 2007. https://www.actaodontologica.com/ediciones/2007/3/trioxido_mineral.asp.
41. Chen, M. Y. Chen, C.-A. Chen, F. Tayebaty, P. A. Rosenberg PA, y L. M. Lin. Responses of Immature Permanent Teeth with Infected Necrotic Pulp Tissue and Apical Periodontitis/Abscess to Revascularization Procedures. *International Endodontic Journal* 45, n.º 3 (marzo de 2012): 294-305. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01978.x>.

42. Claydon, N. Manning, A. Darby-Dowman, D. Ridge, S. Smith, S y M. Addy. The Effect of Polyvinyl Pyrrolidone on the Clinical Activity of 0.09% and 0.2% Chlorhexidine Mouthrinses. *Journal of Clinical Periodontology* 28, n.º 11 (noviembre de 2001): 1037-44.
43. Cohen, S. *Vías de la pulpa*, 8º edición, Madrid. Ed. Elsevier, Masson. 2004
44. Coolidge, D. Studies of Germicides for the Treatment of Root Canals**From the Research Laboratory of the Northwestern University Dental School. *The Journal of the American Dental Association* (1922) 16, n.º 4 (1 de abril de 1929): 698-714. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1929.0092>.
45. Cvek, MP. Cleaton-Jones, J. Austin, C y J. O. Andreasen. Pulp Reactions to Exposure after Experimental Crown Fractures or Grinding in Adult Monkeys. *Journal of Endodontics* 8, n.º 9 (septiembre de 1982): 391-97. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(82\)80092-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(82)80092-7).
46. Dakin, HD. On the use of certain antiseptic substances in the treatment of infected wounds. *BMJ* 2, n.º 2852 (28 de agosto de 1915): 318-20. <https://doi.org/10.1136/bmj.2.2852.318>.
47. Dakin, HD. The antiseptic action of hypochlorites: the ancient history of the "new antiseptic." *British Medical Journal* 2, n.º 2866 (4 de diciembre de 1915): 809-10.
48. d Aquino, R. De Rosa, A. Laino, G. Caruso, F. Guida, L. Rullo, R. Checchi, V. Laino, L. Tirino, V. y Gianpaolo Papaccio. Human Dental Pulp Stem Cells: From Biology to Clinical Applications. *Journal of Experimental Zoology. Part B, Molecular and Developmental Evolution* 312B, n.º 5 (15 de julio de 2009): 408-15. <https://doi.org/10.1002/jez.b.21263>.
49. Diogenes, AS. «Parte II La ciencia avanzada de la endodoncia. Endodoncia regenerativa». En *Vías de la Pulpa*, 11 ed., 447-73. Madrid, 2017.
50. Dominguez, M. David, E. Witherspoon, J. Gutmann, L y Lynne A. Opperman. Histological and Scanning Electron Microscopy Assessment of Various Vital Pulp-Therapy Materials. *Journal of Endodontics* 29, n.º 5 (mayo de 2003): 324-33. <https://doi.org/10.1097/00004770-200305000-00003>.
51. Dylewski, JJ. Apical Closure of Nonvital Teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* 32, n.º 1 (julio de 1971): 82-89.
52. England M. Apicoformación y apicogénesis. En *Endodoncia. Principios y Práctica Clínica*, 2 ed., 397. México: McGraw-Hill., 1999.
53. Estrela, C. Estrela, CR. Decurcio, DA. Hollanda, AC y J. A. Silva. Antimicrobial Efficacy of Ozonated Water, Gaseous Ozone, Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine in Infected Human Root Canals. *International Endodontic Journal* 40, n.º 2 (febrero de 2007): 85-93. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01185.x>.
54. Estrela, C. *Ciencia endodóntica*. México: Artes Médicas Latinoamericanas, 2005.
55. Evans, M. Davies, JK. Sundqvist, G y D. Figdor. Mechanisms Involved in the Resistance of Enterococcus Faecalis to Calcium Hydroxide. *International Endodontic Journal* 35, n.º 3 (marzo de 2002): 221-28.

56. Fabricius, L. Dahlén, G. Ohman, AG y AJ, Möller. Predominant Indigenous Oral Bacteria Isolated from Infected Root Canals after Varied Times of Closure. *Scandinavian Journal of Dental Research* 90, n.º 2 (abril de 1982): 134-44.
57. Fardal, O. y RS, Turnbull. A Review of the Literature on Use of Chlorhexidine in Dentistry. *Journal of the American Dental Association (1939)* 112, n.º 6 (junio de 1986): 863-69.
58. Ferraz, CC. Gomes,BP. Zaia, AA. Teixeira, FB y FJ, Souza-Filho. In Vitro Assessment of the Antimicrobial Action and the Mechanical Ability of Chlorhexidine Gel as an Endodontic Irrigant. *Journal of Endodontics* 27, n.º 7 (julio de 2001): 452-55.
59. Fouad, A F. The Microbial Challenge to Pulp Regeneration. *Advances in Dental Research* 23, n.º 3 (julio de 2011): 285-89. <https://doi.org/10.1177/0022034511405388>.
60. Ford, TR. Torabinejad,M. Abedi,HR, Bakland, LK y SP, Kariyawasam. Using Mineral Trioxide Aggregate as a Pulp-Capping Material. *Journal of the American Dental Association (1939)* 127, n.º 10 (octubre de 1996): 1491-94.
61. Fuentes, V. Toledano, M. Osorio, R y RM, Carvalho. Microhardness of Superficial and Deep Sound Human Dentin. *Journal of Biomedical Materials Research. Part A* 66, n.º 4 (15 de septiembre de 2003): 850-53. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.10064>
62. Frank, AL. Therapy for the Divergent Pulpless Tooth by Continued Apical Formation. *Journal of the American Dental Association (1939)* 72, n.º 1 (enero de 1966): 87-93.
63. Galler, KM..D'Souza, RM. Federlin, M. Cavender, JD. Hartgerink, JD. Dentin Conditioning Codetermines Cell Fate in Regenerative Endodontics. *Journal of Endodontics* 37, n.º 11 (noviembre de 2011): 1536-41. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.08.027>.
64. Gani, O y C, Visvisian. Apical Canal Diameter in the First Upper Molar at Various Ages. *Journal of Endodontics* 25, n.º 10 (octubre de 1999): 689-91. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(99\)80357-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(99)80357-4)
65. Gani, O. Boiero, CF. Correa, C. Masin, I. Machado, R. Emmanuel, JN. Silva, L y Luiz Pascoal Vansan. Morphological Changes Related to Age in Mesial Root Canals of Permanent Mandibular First Molars. *Acta Odontologica Latinoamericana: AOL* 27, n.º 3 (2014): 105-9. <https://doi.org/10.1590/S1852-48342014000300001>.
66. Garberoglio, R. y M. Brännström. Scanning Electron Microscopic Investigation of Human Dentinal Tubules. *Archives of Oral Biology* 21, n.º 6 (1976): 355-62.
67. Glick, M. Trope, M. Bagasra, O y ME, Pliskin. Human Immunodeficiency Virus Infection of Fibroblasts of Dental Pulp in Seropositive Patients. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* 71, n.º 6 (junio de 1991): 733-36.
68. Goldberg, M. y JJ, Lasfargues. Pulpo-Dentinal Complex Revisited. *Journal of Dentistry* 23, n.º 1 (febrero de 1995): 15-20.
69. Goldman, M. Goldman, LB Cavaleri, R. Bogis, J y PS, Lin. The Efficacy of Several Endodontic Irrigating Solutions: A Scanning Electron Microscopic Study: Part 2. *Journal of Endodontics* 8, n.º 11 (noviembre de 1982): 487-92.

70. Gomes, BP. Ferraz, CC. Vianna, ME. Berber, VB. Teixeira, FB. y FJ, Souza-Filho. In Vitro Antimicrobial Activity of Several Concentrations of Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Gluconate in the Elimination of *Enterococcus Faecalis*. *International Endodontic Journal* 34, n.º 6 (septiembre de 2001): 424-28.
71. Gómez de Ferraris, ME. y Campos Muñoz, A. *Histología y embriología bucodental*. Argentina: Panamericana, 1999.
72. Gómez de Ferraris, ME, y Campos Muñoz, A. *Histología y embriología e Ingeniería Tisular Bucodental*. 3 ed. Buenos Aires, 2009.
73. Grossman, LI. Polyantibiotic Treatment of Pulpless Teeth. *Journal of the American Dental Association (1939)* 43, n.º 3 (septiembre de 1951): 265-78.
74. Grossman, LI. Irrigación de los conductos radiculares. En *Terapéutica de los conductos radiculares*, p. 245. Buenos Aires, 1957.
75. Gutarts, R. Nusstein, J. Reader, A y Mike Beck. In Vivo Debridement Efficacy of Ultrasonic Irrigation Following Hand-Rotary Instrumentation in Human Mandibular Molars. *Journal of Endodontics* 31, n.º 3 (marzo de 2005): 166-70.
76. Haapasalo, M. Shen, Y. Qian, W y Y, Gao. Irrigation in Endodontics. *Dental Clinics of North America* 54, n.º 2 (abril de 2010): 291-312. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2009.12.001>
77. Haapasalo, M. Endal, U. Zandi, H y JM, Coil. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics* 10, n.º 1 (s. f.): 77-102.
78. Hargreaves, KM. Giesler, T. Henry, M y Yan Wang. Regeneration Potential of the Young Permanent Tooth: What Does the Future Hold? *Journal of Endodontics* 34, n.º 7 Suppl (julio de 2008): S51-56. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.02.032>.
79. Harrison, JW. Wagner, GW y CA, Henry. Comparison of the Antimicrobial Effectiveness of Regular and Fresh Scent Clorox. *Journal of Endodontics* 16, n.º 7 (julio de 1990): 328-30. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81943-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81943-6).
80. Harrison, JW. y RE, Hand. The Effect of Dilution and Organic Matter on the Anti-Bacterial Property of 5.25% Sodium Hypochlorite. *Journal of Endodontics* 7, n.º 3 (marzo de 1981): 128-32. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(81\)80127-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(81)80127-6).
81. Hems, RS. Gulabivala, K. Ng, YL. Ready, D y DA, Spratt. An in Vitro Evaluation of the Ability of Ozone to Kill a Strain of *Enterococcus Faecalis*. *International Endodontic Journal* 38, n.º 1 (enero de 2005): 22-29. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2004.00891.x>.
82. Holden, DT. Scott, A. Schwartz, TC. Kirkpatrick, WG y WG, Schindler. Clinical Outcomes of Artificial Root-End Barriers with Mineral Trioxide Aggregate in Teeth with Immature Apices. *Journal of Endodontics* 34, n.º 7 (julio de 2008): 812-17. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.04.003>.
83. Huang, GT. A Paradigm Shift in Endodontic Management of Immature Teeth: Conservation of Stem Cells for Regeneration. *Journal of Dentistry* 36, n.º 6 (junio de 2008): 379-86. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2008.03.002>.
84. Hülsman, M. Effects of mechanical instrumentation and chemical irrigation on the root canal dentin and surrounding tissues. *Endodontic Topics* 29, n.º 1 (s. f.): 55-86.

85. Ingle, B. *Endodoncia*. México 5° ed. Mc Graw Hill, 2005
86. Iwaya, S I. Ikawa, M y M, Kubota. Revascularization of an Immature Permanent Tooth with Apical Periodontitis and Sinus Tract. *Dental Traumatology: Official Publication of International Association for Dental Traumatology* 17, n.º 4 (agosto de 2001): 185-87.
87. Jeeruphan, T. Jantararat, J. Yanpiset, J. Suwannapan, L. Khewsawai, P y KM, Hargreaves. Mahidol Study 1: Comparison of Radiographic and Survival Outcomes of Immature Teeth Treated with Either Regenerative Endodontic or Apexification Methods: A Retrospective Study. *Journal of Endodontics* 38, n.º 10 (octubre de 2012): 1330-36. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.06.028>.
88. Joffe, E. Use of Mineral Trioxide Aggregate (MTA) in Root Repairs. Clinical Cases. *The New York State Dental Journal* 68, n.º 6 (julio de 2002): 34-36.
89. Kakehashi, SH. Stanley, R y RJ, Fitzgerald. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* 20 (septiembre de 1965): 340-49.
90. Khademi, AA. Dianat, O. Mahjour, F. Razavi, SM. y F, Younessian. Outcomes of Revascularization Treatment in Immature Dog's Teeth. *Dental Traumatology: Official Publication of International Association for Dental Traumatology* 30, n.º 5 (octubre de 2014): 374-79. <https://doi.org/10.1111/edt.12100>.
91. Kinney, J H. Marshall, SJ y GW, Marshall. The Mechanical Properties of Human Dentin: A Critical Review and Re-Evaluation of the Dental Literature. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine: An Official Publication of the American Association of Oral Biologists* 14, n.º 1 (2003): 13-29.
92. Kishen, A. Advanced Therapeutic Options for Endodontic Biofilms. *Endodontic Topics* 22, n.º 1: 99-123. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2012.00284.x>.
93. Kishen, A. Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. *Endodontics Topics* 13 (2006): 57-83.
94. Koh, ET. McDonald, F. Pitt Ford, TR y M, Torabinejad. Cellular Response to Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics* 24, n.º 8 (agosto de 1998): 543-47. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(98\)80074-5](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(98)80074-5).
95. Korzen, BH. Krakow, AA y DB, Green. Pulpal and Periapical Tissue Responses in Conventional and Monoinfected Gnotobiotic Rats. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* 37, n.º 5 (mayo de 1974): 783-802.
96. Krell, KV. Johnson, RJ y S, Madison. Irrigation Patterns during Ultrasonic Canal Instrumentation. Part I. K-Type Files. *Journal of Endodontics* 14, n.º 2 (febrero de 1988): 65-68. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(88\)80003-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(88)80003-7).
97. Kuttler, Y. Microscopic Investigation of Root Apexes. *Journal of the American Dental Association (1939)* 50, n.º 5 (mayo de 1955): 544-52.
98. La Sala, A. Endodoncia en odontopediatría. Endodoncia en los dientes del adolescente. En *Endodoncia*, 3 ed. Barcelona: Salvat Editores., 1983.
99. Leonardo, MR. Tratamiento de conductos radiculares de dientes con rizogénesis incompleta. *Revista de la Asociación Odontológica Argentina*. 66 (1978): 28-34.

100. Leonardo, MR. *Endodoncia tratamiento de conductos radiculares principios técnicos y biológicos*. Vol. 1. San Pablo: Artes Médicas, 2005.
101. Leonardo, MR. Leal, JM. Simoes Filho, AP. Alteração Periapical. Microorganismos. En: *Endodontia: Tratamento de Canais Radiculares*. 3.ed. São Paulo: Panamericana, 1998. p.45-105.
102. Lewis PR. Sodium hypochlorite in root canal therapy. *Journal of the Florida Dental Society* 1954; 24: 10-11
103. Lima, KC, Fava, LR y JF, Siqueira. Susceptibilities of Enterococcus Faecalis Biofilms to Some Antimicrobial Medications. *Journal of Endodontics* 27, n.º 10 (octubre de 2001): 616-19. <https://doi.org/10.1097/00004770-200110000-00004>.
104. Lin, LM. Pascon, EA. Skribner, J. Gängler, P y K, Langeland. Clinical, Radiographic, and Histologic Study of Endodontic Treatment Failures. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* 71, n.º 5 (mayo de 1991): 603-11.
105. Lin, YH. Mickel, AK y S, Chogle. Effectiveness of Selected Materials against Enterococcus Faecalis: Part 3. The Antibacterial Effect of Calcium Hydroxide and Chlorhexidine on Enterococcus Faecalis. *Journal of Endodontics* 29, n.º 9 (septiembre de 2003): 565-66. <https://doi.org/10.1097/00004770-200309000-00006>.
106. Lumley, PJ. y AD, Walmsley. Effect of Precurving on the Performance of Endosonic K Files. *Journal of Endodontics* 18, n.º 5 (mayo de 1992): 232-36. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81266-5](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81266-5).
107. Ma, L. Makino, Y. Yamaza, H. Akiyama, K. Hoshino, Y. Song, G. Kukita, T. Nonaka, K. Shi, S. y Takayoshi Yamaza. Cryopreserved Dental Pulp Tissues of Exfoliated Deciduous Teeth Is a Feasible Stem Cell Resource for Regenerative Medicine. *PloS One* 7, n.º 12 (2012): e51777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051777>.
108. Maisto, OA. Obturación de conductos radiculares con hidróxido de calcio-iodoformo. *Revista de la Asociación Odontológica Argentina*. 52 (1964): 167-73.
109. Maisto, OA. Obturación de conductos radiculares en endodoncia. En *Endodoncia*. Buenos Aires: Mundi, 1967.
110. Mandel, E. Machtou, P y S, Friedman. Scanning Electron Microscope Observation of Canal Cleanliness. *Journal of Endodontics* 16, n.º 6 (junio de 1990): 279-83. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81630-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81630-4).
111. Maroto-Edo, M. Barbería-Leache, E y P, Planells del Pozo. Estudio clínico del agregado trióxido mineral en pulpotomías de molares temporales: estudio piloto a 15 meses. *RCOE* 9, n.º 1 (febrero de 2004): 23-30.
112. Miller, WA. Eick, JD y ME, Neiders. Inorganic Components of the Peritubular Dentin in Young Human Permanent Teeth. *Caries Research* 5, n.º 3 (1971): 264-78. <https://doi.org/10.1159/000259752>.
113. Mohammadi, Z. Shalavi, S. Giardino, L. Palazzi, F y Saeed Asgary. Impact of Ultrasonic Activation on the Effectiveness of Sodium Hypochlorite: A Review. *Iranian Endodontic Journal* 10, n.º 4 (2015): 216-20. <https://doi.org/10.7508/iej.2015.04.001>.
114. Mondragón, J. *Endodoncia*. Interamericana-Mc Graw-Hill. Mexico. 1995.

115. Monteiro Bramante, C. Antunes Bortoluzzi, E. y Juárez Broon, MN. Agregado trióxido mineral (MTA) como plug para la obturación de conductos radiculares: descripción de la técnica y caso clínico. *Revista Endodoncia* vol. 22, Núm. 3. Pag. 155-61.
116. Moodnik, RM. Clinical correlations of the development of the root apex and surrounding structures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 16, n.º 5 (1963): 600-607.
117. Morse, D R. Age-Related Changes of the Dental Pulp Complex and Their Relationship to Systemic Aging. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* 72, n.º 6 (diciembre de 1991): 721-45.
118. Müller, P. Guggenheim, B y PR, Schmidlin. Efficacy of Gasiform Ozone and Photodynamic Therapy on a Multispecies Oral Biofilm in Vitro. *European Journal of Oral Sciences* 115, n.º 1 (febrero de 2007): 77-80. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2007.00418.x>.
119. Murray, PE. Garcia-Godoy, F y KM, Hargreaves. Regenerative Endodontics: A Review of Current Status and a Call for Action. *Journal of Endodontics* 33, n.º 4 (abril de 2007): 377-90. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.09.013>.
120. Nagata, JY. Soares, AJ. Souza-Filho, FJ. Zaia, AA. Ferraz, CC. Almeida, JF y BP, Gomes. Microbial Evaluation of Traumatized Teeth Treated with Triple Antibiotic Paste or Calcium Hydroxide with 2% Chlorhexidine Gel in Pulp Revascularization. *Journal of Endodontics* 40, n.º 6 (junio de 2014): 778-83. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.01.038>.
121. Nagaoka, S. Miyazaki, Y. Liu, HJ. Iwamoto, Y. Kitano, M y M, Kawagoe. Bacterial Invasion into Dentinal Tubules of Human Vital and Nonvital Teeth. *Journal of Endodontics* 21, n.º 2 (febrero de 1995): 70-73. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81098-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81098-8).
122. Nagayoshi, M. Kitamura, C. Fukuizumi, T. Nishihara, T y Masamichi Terashita. Antimicrobial Effect of Ozonated Water on Bacteria Invading Dentinal Tubules. *Journal of Endodontics* 30, n.º 11 (noviembre de 2004): 778-81.
123. Nair, PN, Henry, S. Cano, V y J, Vera. Microbial Status of Apical Root Canal System of Human Mandibular First Molars with Primary Apical Periodontitis after "One-Visit" Endodontic Treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 99, n.º 2 (febrero de 2005): 231-52. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2004.10.005>.
124. Nair, PN. Endodontic Biofilm, Technology and Pulpal Regenerative Therapy: Where Do We Go from Here? *International Endodontic Journal* 47, n.º 11 (noviembre de 2014): 1003-11. <https://doi.org/10.1111/iej.12287>.
125. Nash, A, Mims, C, y Stephen, J. *Mims' Pathogenesis of Infectious Disease*. 5 ed. EE.UU: Elsevier, 2001.
126. Nolla, CM. «The development of permanent teeth». *Journal Dentistry of Children* 27, n.º 4 (1960): 254-66.

127. Nosrat, A. Li, KL. Vir, K. Hicks, ML y AF, Fouad. Is Pulp Regeneration Necessary for Root Maturation? *Journal of Endodontics* 39, n.º 10 (octubre de 2013): 1291-95. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.06.019>.
128. Nosrat, A. Seifi, A y S Asgary. Regenerative Endodontic Treatment (Revascularization) for Necrotic Immature Permanent Molars: A Review and Report of Two Cases with a New Biomaterial. *Journal of Endodontics* 37, n.º 4 (abril de 2011): 562-67. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.01.011>.
129. Nygaard-Ostby, B. Chelation in raíz canal de la terapia. Ethylenediamine tetra-aceticacidforcleasing and wide de ninguno de los canales raíz. *Odont. Tidskrift* , V.65, n.2, p. 3-11, Feb. 1957.
130. Oliveira, MG. Xavier, CB. Demarco, FF. Barbosa Pinheiro, AL. Costa, AT y DH, Pozza. Comparative Chemical Study of MTA and Portland Cements. *Brazilian Dental Journal* 18, n.º 1 (2007): 3-7.
131. Östby N. Introduction to endodontics. Oslo-Bergen-Tromso. Scandinavian University Books.1971:34-5
132. Parirokh, M y M, Torabinejad. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review--Part III: Clinical Applications, Drawbacks, and Mechanism of Action. *Journal of Endodontics* 36, n.º 3 (marzo de 2010): 400-413. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.009>.
133. Pashley, DH, y RE, Walton. Histología y fisiología de la pulpa dental. En *Endodoncia*, 5 ed., 25-62. México: McGraw-Hill., 2004.
134. Patterson S. Endodontic management of young permanent tooth. *J. Dent. Child.* 1958; 25(3):215-223.
135. Peeters, HH. Iskandar, B. Suardita, K y D, Suharto. Visualization of Removal of Trapped Air from the Apical Region of the Straight Root Canal Models Generating 2-Phase Intermittent Counter Flow during Ultrasonically Activated Irrigation. *Journal of Endodontics* 40, n.º 6 (junio de 2014): 857-61. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.10.011>.
136. Peters, LB. Wesselink, PR. Buijs, JF y J, van Winkelhoff. Viable Bacteria in Root Dentinal Tubules of Teeth with Apical Periodontitis. *Journal of Endodontics* 27, n.º 2 (febrero de 2001): 76-81. <https://doi.org/10.1097/00004770-200102000-00002>.
137. Peters, OA. Current Challenges and Concepts in the Preparation of Root Canal Systems: A Review. *Journal of Endodontics* 30, n.º 8 (agosto de 2004): 559-67.
138. Petrino, JA. Boda, KK. Shambarger, S. Bowles, WR y SB, McClanahan. Challenges in Regenerative Endodontics: A Case Series. *Journal of Endodontics* 36, n.º 3 (marzo de 2010): 536-41. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.10.006>.
139. Portenier, I. Haapasalo, H. Orstavik, D. Yamauchi, M y M, Haapasalo. Inactivation of the Antibacterial Activity of Iodine Potassium Iodide and Chlorhexidine Digluconate against *Enterococcus Faecalis* by Dentin, Dentin Matrix, Type-I Collagen, and Heat-Killed Microbial Whole Cells. *Journal of Endodontics* 28, n.º 9 (septiembre de 2002): 634-37. <https://doi.org/10.1097/00004770-200209000-00002>.

140. Rafter, M. Apexification: A Review. *Dental Traumatology: Official Publication of International Association for Dental Traumatology* 21, n.º 1 (febrero de 2005): 1-8. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2004.00284.x>.
141. Reyes, VV. y M, Álvarez Páucar. Tratamiento pulpar en la apexificación del diente inmaduro mediante agregado de trióxido mineral. *Odontología Sanmarquina* 12, n.º 1 (14 de mayo de 2014): 29-32. <https://doi.org/10.15381/os.v12i1.2912>.
142. Ribeiro, AC. Matarazzo, F. Favero, M. Zezell DM, y MP, Mayer. Exploring Bacterial Diversity of Endodontic Microbiota by Cloning and Sequencing 16S rRNA. *Journal of Endodontics* 37, n.º 7 (julio de 2011): 922-26. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.04.007>.
143. Rickard, G. D., R. Richardson, T. Johnson, D. McColl, y L. Hooper. «Ozone Therapy for the Treatment of Dental Caries». *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, n.º 3 (2004): CD004153. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004153.pub2>.
144. Rôças, IN. Siqueira, JF Jr. Santos, KR y AM, Coelho. "Red Complex" (Bacteroides Forsythus, Porphyromonas Gingivalis, and Treponema Denticola) in Endodontic Infections: A Molecular Approach. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 91, n.º 4 (abril de 2001): 468-71. <https://doi.org/10.1067/moe.2001.114379>.
145. Rôças, Isabela N. Siqueira, JF Jr. y GJ, Debelian. Analysis of Symptomatic and Asymptomatic Primary Root Canal Infections in Adult Norwegian Patients. *Journal of Endodontics* 37, n.º 9 (septiembre de 2011): 1206-12. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.05.026>.
146. Rodríguez-Villalobos, P. y V, Bolaños-López. Propiedades y Usos en Odontopediatria del MTA (Agregado de Trióxido Mineral), Universidad de Costa Rica , Costa Rica 13, 2011, pp. 65-70
147. Romani, N. *Texto y atlas de técnicas clínicas endodónticas*. 2 ed. México: McGraw-Hill., 2005.
148. Sassone, LM. Fidel, RA. . Favero, M. Figueiredo, L. Fidel, SR. y M, Feres. A Microbiological Profile of Unexposed and Exposed Pulp Space of Primary Endodontic Infections by Checkerboard DNA-DNA Hybridization. *Journal of Endodontics* 38, n.º 7 (julio de 2012): 889-93. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.03.021>.
149. Sato, T. Hoshino, E. Uematsu, H y T, Noda. In Vitro Antimicrobial Susceptibility to Combinations of Drugs on Bacteria from Carious and Endodontic Lesions of Human Deciduous Teeth. *Oral Microbiology and Immunology* 8, n.º 3 (junio de 1993): 172-76.
150. Sen, BH. Piskin, B y T, Demirci. Observation of Bacteria and Fungi in Infected Root Canals and Dentinal Tubules by SEM. *Endodontics & Dental Traumatology* 11, n.º 1 (febrero de 1995): 6-9.
151. Sen, BH. Wesselink, PR y M, Türkün. The Smear Layer: A Phenomenon in Root Canal Therapy. *International Endodontic Journal* 28, n.º 3 (mayo de 1995): 141-48.

152. Shah, N. Logani, A. Bhaskar, U y V, Aggarwal. Efficacy of Revascularization to Induce Apexification/Apexogenesis in Infected, Nonvital, Immature Teeth: A Pilot Clinical Study. *Journal of Endodontics* 34, n.º 8 (agosto de 2008): 919-25; Discussion 1157. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.05.001>.
153. Shih, M. Marshall, FJ y S, Rosen. The Bactericidal Efficiency of Sodium Hypochlorite as an Endodontic Irrigant. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* 29, n.º 4 (abril de 1970): 613-19.
154. Shin, SY. Albert, JS y RE, Mortman. One Step Pulp Revascularization Treatment of an Immature Permanent Tooth with Chronic Apical Abscess: A Case Report. *International Endodontic Journal* 42, n.º 12 (diciembre de 2009): 1118-26. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01633.x>.
155. Sim, TP. Knowles, JC. YL, Ng. Shelton, J y K, Gulabivala. Effect of Sodium Hypochlorite on Mechanical Properties of Dentine and Tooth Surface Strain. *International Endodontic Journal* 34, n.º 2 (marzo de 2001): 120-32.
156. Simancas-Pallares, MA. Díaz-Caballero, AJ y LM Luna-Ricardo. Mineral Trioxide Aggregate in Primary Teeth Pulpotomy. A Systematic Literature Review. *Medicina Oral, Patología Oral Y Cirugía Bucal* 15, n.º 6 (1 de noviembre de 2010): e942-946.
157. Siqueira, JF Jr. Rôças, IN. Favieri, A y KC, Lima. Chemomechanical Reduction of the Bacterial Population in the Root Canal after Instrumentation and Irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% Sodium Hypochlorite. *Journal of Endodontics* 26, n.º 6 (junio de 2000): 331-34. <https://doi.org/10.1097/00004770-200006000-00006>.
158. Siqueira, JF. Guimarães-Pinto, T y IN, Rôças. Effects of Chemomechanical Preparation with 2.5% Sodium Hypochlorite and Intracanal Medication with Calcium Hydroxide on Cultivable Bacteria in Infected Root Canals. *Journal of Endodontics* 33, n.º 7 (julio de 2007): 800-805. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.11.023>.
159. Siqueira, JF. Microbial Causes of Endodontic Flare-Ups. *International Endodontic Journal* 36, n.º 7 (julio de 2003): 453-63.
160. Siqueira, JF. y BH, Sen. Fungi in Endodontic Infections. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 97, n.º 5 (mayo de 2004): 632-41. <https://doi.org/10.1016/S1079210404000046>.
161. Sirtes, G. Waltimo, T. Schaetzle, M y M Zehnder. The Effects of Temperature on Sodium Hypochlorite Short-Term Stability, Pulp Dissolution Capacity, and Antimicrobial Efficacy. *Journal of Endodontics* 31, n.º 9 (septiembre de 2005): 669-71.
162. Sjögren, U. Figdor, D. Spångberg, L y G, Sundqvist. The Antimicrobial Effect of Calcium Hydroxide as a Short-Term Intracanal Dressing. *International Endodontic Journal* 24, n.º 3 (mayo de 1991): 119-25.
163. Slots, J. Sabeti, M y JH, Simon. Herpesviruses in Periapical Pathosis: An Etiopathogenic Relationship? *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 96, n.º 3 (septiembre de 2003): 327-31. <https://doi.org/10.1016/S1079210403003524>.
164. Soares, I, y Goldberg, F. Tratamientos endodónticos conservadores. En *Endodoncia. Técnica y Fundamentos*. Buenos Aires: Panamericana, 2002.

165. Souza-Filho, FJ. Soares, A. Morgana, EV. Zaia, AA. Randi Ferraz, C y Brenda Paula Figueiredo de Almeida Gomes. Antimicrobial Effect and PH of Chlorhexidine Gel and Calcium Hydroxide Alone and Associated with Other Materials. *Brazilian Dental Journal* 19, n.º 1 (2008): 28-33.
166. Sundqvist, G. *Bacteriological studies of necrotic dental pulps*. Suecia. Umeå university odontological dissertations 7. Department of oral microbiology, university of umeå, 1976.
167. Sundqvist, G. Associations between Microbial Species in Dental Root Canal Infections. *Oral Microbiology and Immunology* 7, n.º 5 (octubre de 1992): 257-62.
168. Stock, CJ. Current Status of the Use of Ultrasound in Endodontics. *International Dental Journal* 41, n.º 3 (junio de 1991): 175-82.
169. Tani-Ishii, N. Wang, CY. Tanner, A y P, Stashenko. Changes in Root Canal Microbiota during the Development of Rat Periapical Lesions. *Oral Microbiology and Immunology* 9, n.º 3 (junio de 1994): 129-35.
170. Ten Cate A. El complejo pulpodentinario. En *Histología Oral. 81 Desarrollo, estructura y función*. 2a edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 1986;191-235
171. Thibodeau, B. y M, Trope. Pulp Revascularization of a Necrotic Infected Immature Permanent Tooth: Case Report and Review of the Literature. *Pediatric Dentistry* 29, n.º 1 (febrero de 2007): 47-50.
172. Tjäderhane, L y col. *Mineral Element Analysis of Carious and Sound Rat Dentin by Electron Probe Microanalyzer Combined with Back-scattered Electron Image* Journal of Dental Research 74(11):1770-4 (1995).
173. Tjäderhane, L. Carrilho, M. Breschi, L y Pashley, DH. Dentin Basic Structure and Composition - An Overview. *Endodontic Topics* 20, n.º 1 (s. f.): 29. (2012).
174. Toledano, M. Osorio, R. Osorio, E. Prati, C y RM, Carvalho. Microhardness of Acid-Treated and Resin Infiltrated Human Dentine. *Journal of Dentistry* 33, n.º 4 (abril de 2005): 349-54. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2004.10.007>
175. Torabinejad, M. y N, Chivian. Clinical Applications of Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics* 25, n.º 3 (marzo de 1999): 197-205. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(99\)80142-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(99)80142-3).
176. Torneck, CD. Smith, JS y P, Grindall. Biologic Effects of Endodontic Procedures on Developing Incisor Teeth. IV. Effect of Debridement Procedures and Calcium Hydroxide-Camphorated Parachlorophenol Paste in the Treatment of Experimentally Induced Pulp and Periapical Disease. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* 35, n.º 4 (abril de 1973): 541-54.
177. Trepagnier, CM. Madden, RM y E P, Lazzari. Quantitative Study of Sodium Hypochlorite as an in Vitro Endodontic Irrigant. *Journal of Endodontics* 3, n.º 5 (mayo de 1977): 194-96. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(77\)80096-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(77)80096-4).
178. Tronstad, L. Ultrastructural Observations on Human Coronal Dentin. *Scandinavian Journal of Dental Research* 81, n.º 2 (1973): 101-11.

179. Trope, M, Chivian, N, y Sigurdsson, A. Lesiones traumáticas. En *Vías de la Pulpa*, 7 ed., 528-75. Madrid: Harcourt, 1999.
180. Trope, M. Treatment of the Immature Tooth with a Non-Vital Pulp and Apical Periodontitis. *Dental Clinics of North America* 54, n.º 2 (abril de 2010): 313-24. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2009.12.006>.
181. Trowbridge, HK, y Kim, S. Desarrollo de la pulpa, estructura y función. En *Vías de la pulpa*, 7 ed., 362-400. Madrid: Harcourt, 1999.
182. Van der Sluis, LW. Versluis, M. Wu, K y PR, Wesselink. Passive Ultrasonic Irrigation of the Root Canal: A Review of the Literature. *International Endodontic Journal* 40, n.º 6 (junio de 2007): 415-26. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01243.x>.
183. Vera, J. Siqueira, JF Jr. Ricucci, D. Loghin, S. Fernández, N. Flores, B y AG, Cruz. One- versus Two-Visit Endodontic Treatment of Teeth with Apical Periodontitis: A Histobacteriologic Study. *Journal of Endodontics* 38, n.º 8 (agosto de 2012): 1040-52. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.04.010>.
184. Vianna, ME. Gomes, BP. Berber, VB. Zaia, AA. Randi Ferraz, CC y FJ, de Souza-Filho. In Vitro Evaluation of the Antimicrobial Activity of Chlorhexidine and Sodium Hypochlorite. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 97, n.º 1 (enero de 2004): 79-84. <https://doi.org/10.1016/S1079210403003603>.
185. Visvisian, MC. Contribución al estudio de los cambios producidos por la edad en la topografía de los conductos radiculares del primer molar superior [Tesis Doctoral]. Córdoba: U.N.C. 1991.
186. Visvisian, C. Gani, O. y R, Ulfohn. Cambios producidos por la edad en la forma de los conductos radiculares del primer molar superior. *Rev. Asoc. Odontol. Argent.* (1997); 85(2): 129-34
187. Walker, A. A Definite and Dependable Therapy for Pulpless Teeth *. *Journal of the American Dental Association* 23, n.º 8 (1 de agosto de 1936): 1418-25. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1936.0200>.
188. Weber, CD. McClanahan, SB. Miller, GA. Diener-West, M y JD, Johnson. The Effect of Passive Ultrasonic Activation of 2% Chlorhexidine or 5.25% Sodium Hypochlorite Irrigant on Residual Antimicrobial Activity in Root Canals. *Journal of Endodontics* 29, n.º 9 (septiembre de 2003): 562-64. <https://doi.org/10.1097/00004770-200309000-00005>.
189. Weisleder, R. y CR, Benitez. Maturogenesis: Is It a New Concept?» *Journal of Endodontics* 29, n.º 11 (noviembre de 2003): 776-78. <https://doi.org/10.1097/00004770-200311000-00022>.
190. Weller, RN. Brady, JM y WE, Bernier. Efficacy of Ultrasonic Cleaning. *Journal of Endodontics* 6, n.º 9 (septiembre de 1980): 740-43. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(80\)80185-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(80)80185-3).
191. Windley, W. Teixeira, F. Levin, L. Sigurdsson, A y M, Trope. Disinfection of Immature Teeth with a Triple Antibiotic Paste. *Journal of Endodontics* 31, n.º 6 (junio de 2005): 439-43.

192. Witherspoon, DE. y K, Ham. One-Visit Apexification: Technique for Inducing Root-End Barrier Formation in Apical Closures. *Practical Procedures & Aesthetic Dentistry: PPAD* 13, n.º 6 (agosto de 2001): 455-60; quiz 462.
193. Witherspoon, DE. Small, JC. Regan, JD y M, Nunn. Retrospective Analysis of Open Apex Teeth Obturated with Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics* 34, n.º 10 (octubre de 2008): 1171-76. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.07.005>.
194. Yamashita, JC. Tanomaru Filho, M. Leonardo, MR. Rossi, MA y LA, Silva. Scanning Electron Microscopic Study of the Cleaning Ability of Chlorhexidine as a Root-Canal Irrigant. *International Endodontic Journal* 36, n.º 6 (junio de 2003): 391-94.
195. Yesilsoy, C. Whitaker, E. Cleveland, D. Phillips, E y M, Trope. Antimicrobial and Toxic Effects of Established and Potential Root Canal Irrigants. *Journal of Endodontics* 21, n.º 10 (octubre de 1995): 513-15.
196. Zehnder, M. Root Canal Irrigants. *Journal of Endodontics* 32, n.º 5 (mayo de 2006): 389-98. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.09.014>.
197. Zhao, S. Sloan, AJ. Murray, Lumley PJ y AJ, Smith. Ultrastructural Localisation of TGF-Beta Exposure in Dentine by Chemical Treatment. *The Histochemical Journal* 32, n.º 8 (agosto de 2000): 489-94.
198. Žižka, R. Buchta, T. Voborná, I. Harvan, L y J, Šedý. Root Maturation in Teeth Treated by Unsuccessful Revitalization: 2 Case Reports. *Journal of Endodontics* 42, n.º 5 (mayo de 2016): 724-29. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.02.004>.