



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

BIOCERÁMICOS EMPLEADOS EN LA CIRUGÍA
APICAL, REVISIÓN DE LA LITERATURA.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

SOFIA MANUELA RAMOS LIRA

TUTOR: Mtra. FELÍCITAS GABRIELA FUENTES MORA

□ Cd. Mx.

2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme llegar hasta aquí a pesar de las adversidades que se me han presentado a lo largo de mi formación universitaria.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, máxima casa de estudios, y a la Facultad de Odontología, por brindarme las herramientas necesarias para desarrollarme como profesionista.

A mi tutora, la Maestra Felicitas Gabriela Fuentes Mora, por todo su conocimiento, tiempo y apoyo brindados para la realización de este trabajo.

Al departamento de Endodoncia y honorable jurado, por permitirse leer y analizar el presente trabajo.

A mi mamá, por brindarme una educación extraordinaria, sin tu apoyo no hubiera logrado llegar hasta aquí, mis logros siempre serán tuyos. Te amo mami.

¡A mi papá por trabajar día y noche para que la consentida cumpla sus metas jajajajaja! Te amo papi.

A mis hermanas, por ser los mejores ejemplos a seguir, apoyarme a lo largo de toda mi vida y amarme incondicionalmente. Siempre juntas, por siempre, las amo.

A mis amigos que llegaron a ser mis conejillos de indias e igualmente a todos los pacientes que atendí, ¡gracias por confiaron en mí!, fueron pieza clave para que sucediera esto.

A mis amigos y compañeros de la facultad que me brindaron su apoyo con préstamo de instrumental cuando no pude comprarlo.

A Dianita, Ilse, Alan y Ángel, por brindarme su amistad y hacer de esta etapa un recuerdo muy agradable, los quiero.

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	OBJETIVOS.....	7
3.	CAPÍTULO I: Tejidos de soporte.....	7
	3.1: Embriología dental.....	7
	3.1.1: Desarrollo y formación de la corona.....	8
	3.1.2: Desarrollo y formación de la raíz.....	10
	3.1.2.1. Pulpa dental.....	11
	3.1.3: Formación del Cemento.....	11
	3.1.4: Formación del ligamento periodontal	12
	3.1.5: Formación del hueso alveolar	12
	3.2: Encía.....	13
	3.3: Cemento	15
	3.4: Ligamento periodontal.....	16
	3.5: Hueso alveolar	18
4.	CAPÍTULO II: Microbiología endodónica.....	19
	4.1: Consideraciones anatómicas apicales.....	22
5.	CAPÍTULO III: Cirugía endodóntica.....	26
	5.1: Definición.....	26
	5.2: Indicaciones.....	26
	5.3: Contraindicaciones.....	27
	5.4: Procedimiento.....	27
	5.4.1: Legrado/curetaje apical.....	29
	5.4.2: Apicectomía.....	30
	5.4.3: Obturación retrógrada.....	31
6.	CAPÍTULO IV: Cicatrización de tejidos blandos y tejidos duros	32
	6.1: Tejidos blandos.....	32

6.2: Tejidos duros.....	34
7. CAPÍTULO V: Biocerámicos en endodoncia.....	35
7.1: Antecedentes.....	35
7.2: Propiedades biológicas.....	36
7.2.1: Biocompatibilidad.....	36
7.2.2: Antibacteriana.....	36
7.3: Clasificación.....	36
7.3.1: Bioinerte.....	36
7.3.2: Bioactivo.....	37
7.3.3: Biodegradable.....	37
7.4: Clasificación por composición.....	37
7.4.1: Biocerámicos a base de silicato de calcio.....	37
7.4.2: Biocerámicos a base de Aluminosilicatos de calcio.....	38
7.4.3: Biocerámicos silicatos de calcio y fosfatos de calcio.....	39
7.5: Mecanismo de acción.....	39
7.6: Usos clínicos.....	41
8. CAPÍTULO VI: Biocerámicos empleados en la cirugía apical y su mecanismo de acción.....	42
8.1: Agregado de Trióxido Mineral (MTA).....	42
8.2: Biodentine.....	45
8.3: BioAggregate.....	47
8.4: EndoSequence Root Repair Material.....	49
9. CONCLUSIONES.....	50
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
11. ANEXOS.....	57

1. INTRODUCCIÓN

La cirugía apical tiene como principal indicación la persistencia de signos y síntomas. Generados principalmente por un biofilm extrarradicular y la compleja anatomía del sistema de conductos radiculares ya que, diversas ramificaciones a nivel apical se comunican directamente con los tejidos perirradiculares desde su odontogénesis. En diversos estudios ha quedado determinado el papel que tienen las bacterias como agente etiológico de las enfermedades pulpares y periapicales. La pulpa necrótica y sus productos lipopolisacáridos, enzimas y exotoxinas son los determinantes que actúan como factores de virulencia responsables de la invasión a tejidos periapicales.

La infección persistente es causada por microorganismos que pertenecen a infecciones endodónticas primarias y secundarias. Destacando al *E. faecalis* que es la especie más frecuente en dientes con infecciones endodónticas postratamiento con una prevalencia del 90% ya que produce superóxido, gelatinasa y citolisinas tóxicas y tiene la capacidad de intercambiar material genético y penetrar dentro de los túbulos dentinarios. Las especies/ filotipos bacterianos detectados en repetición de tratamiento principalmente son *Actinobacterias* y *Proteobacterías*.

La cirugía apical está indicada en casos con patológica periapical persistente cuando los tratamientos fracasan por la vía convencional.

Los protocolos actuales en cirugía periapical tienen como base a los materiales biocerámicos empleados en la retroobtusión por su buena capacidad de sellado y estabilidad dimensional. Destacando sus características principales bioactivos, bioinertes y biodegradables, biológicamente conducen a la reparación y regeneración, permitiendo la cicatrización de tejidos periapicales.

Los biocerámicos son materiales fabricados mediante el calentamiento de minerales en bruto a altas temperaturas, su composición está

basada en: alúmina, zirconio, vidrio bioactivo, vitrocerámica, hidroxiapatita, fosfatos de calcio reabsorbibles, entre otros.

Los biocerámicos bioactivos en endodoncia participan en la señalización celular y molecular, incorporando factores de crecimiento y a su vez, regulando la proliferación, migración, diferenciación, expresión de proteínas y finalmente su mineralización.

La base de los cementos biocerámicos es el MTA. La clasificación de estos está dada por sus propiedades físicas y químicas estas últimas a base de silicato de calcio, aluminosilicatos de calcio experimentales y mezcla de silicatos de calcio y fosfatos de calcio. Destacando así, principalmente al Biodentine, BioAggregate y Endosequence Root Repair Material, que son algunos de los biocerámicos existentes para cirugía apical en la retroobtención.

2. OBJETIVOS

Objetivo general: Revisar la bibliografía relacionada con los cementos biocerámicos y su uso en la cirugía apical.

Objetivos específicos:

- ✓ Conocer las características físico-químicas y biológicas de los cementos biocerámicos para su uso en la cirugía apical.
- ✓ Conocer el mecanismo de acción de los cementos biocerámicos en los tejidos periapicales.

3. CAPÍTULO I: Tejidos de soporte

3.1: Embriología dental:

La *odontogénesis* es un proceso embrionario que comienza en la 6ta semana de V.I (45 días aproximadamente), en el cual participan 2 capas germinativas: el epitelio ectodérmico y el ectomesénquima, que posteriormente darán como resultado la creación de; el esmalte, el complejo dentinopulpar, cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar.

El principal desencadenante es el ectomesénquima y este proceso se va a caracterizar por 2 fases:

- a) **Morfogénesis / morfodiferenciación:** consiste en la formación y desarrollo de los patrones coronarios y radiculares.
- b) **Histogénesis:** consiste en la formación de el esmalte, la dentina y la pulpa que vienen siendo los tejidos dentinarios respectivamente.

3.1.1: Desarrollo y formación de la corona:

Primeramente, existirá una proliferación del ectodermo asociado con los procesos maxilares en donde se desarrolla la *lámina dental* que a su vez dará lugar a 2 nuevas estructuras; la lámina vestibular (cuyo resultado es el *surco vestibular* entre el carrillo y la zona dentaria) y lamina dentaria (que corresponde a los 20 dientes deciduos y en un futuro a los 32 gérmenes de los dientes permanentes).¹

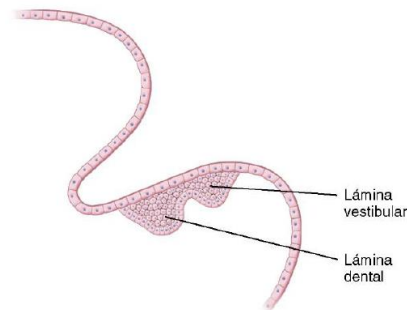


Figura 1. Formación de las láminas vestibular y dental a partir del ectodermo.

Esta fase se divide en estadios para su comprensión:

Estadio de brote o yema dentaria: en la cual aparecen 10 brotes en cada maxilar (total de 20) de origen ectodérmica, que serán los futuros órganos del esmalte y posteriormente el **esmalte** dental.

Estadio de casquete: a la 9na semana, los brotes toman un aspecto de “casquete” cuya concavidad central encierra una porción del ectomesénquima la denominada **papila dentaria** que da origen al complejo dentinopulpar¹ y el **folículo dental** que origina los tejidos de sostén periodontales.²

Hasta este momento existen ya 3 estructuras embrionarias fundamentales:

1. Órgano del esmalte: único tejido de origen ectodérmico caracterizado por tener un epitelio externo, retículo estrellado y epitelio interno/preameloblástico

2. Esbozo de papila dentaria: tejido de origen ectomesénquimatoso
3. Esbozo de saco dentario: de origen ectomesénquimatoso.¹

Estadio de campana: a las 14-18 semanas, se adquiere un aspecto de “campana” dado que se acentúa más la invaginación del epitelio externo y son más evidentes los procesos de morfo e histodiferenciación y se determina la morfología de la corona. Los ameloblastos jóvenes contribuyen a la inducción de la papila dentinaria y aparecen los odontoblastos que después sintetizarán dentina. En la etapa avanzada de este estadio los ameloblastos jóvenes permanecen inactivos hasta que los odontoblastos secreten la primera capa de dentina para así convertirse en ameloblastos secretores o maduros, una vez formada la dentina, la porción central de la papila se transforma en pulpa dentaria.

Estadio terminal o de folículo dentario: inicia con la deposición de unas laminillas de dentina y posteriormente una de esmalte desde las cúspides o bordes incisales para extenderse así, hacia cervical. Cuando existen varias cúspides en un mismo diente, lo hacen individualmente para al final unirse. Una vez formada la corona, comienza el desarrollo y formación de la raíz.¹

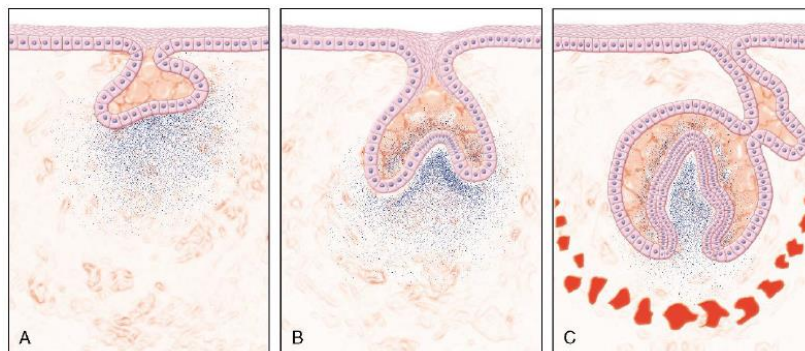


Figura 2. Representación de las fases del brote (A), casquete (B), y campana (C) del desarrollo dentario.

3.1.2. Desarrollo y formación de la raíz:

Al momento de fusionarse el epitelio interno y externo del órgano del esmalte resulta una estructura denominada **vaina epitelial de Hertwig**, esta vaina induce a la papila para la diferenciación de odontoblastos radiculares y su epitelio propicia el futuro **límite dentinocementario**, induciendo la formación de dentina por fuera y cemento por dentro, en el caso de dientes multirradiculares la vaina emite diafragmas en el cuello que van hacia el eje del diente destinadas a fusionar y formar el piso de la cámara pulpar para después seguir su camino individualmente.

Una vez formada la raíz la vaina se cura hacia adentro para formar otro diafragma que marcara a su vez, el límite distal de la raíz envolviendo el agujero apical primario y en es en este momento la papila se convierte en **pulpa dental**.¹

Durante la formación de la vaina radicular, se interrumpe su continuidad produciendo así una hendidura pequeña, que nos dará origen a pequeños conductos accesorios entre el saco dental y la pulpa, pueden generarse en cualquier lugar de la raíz, lo que puede la conexión de la pulpa con el tejido periodontal.⁷

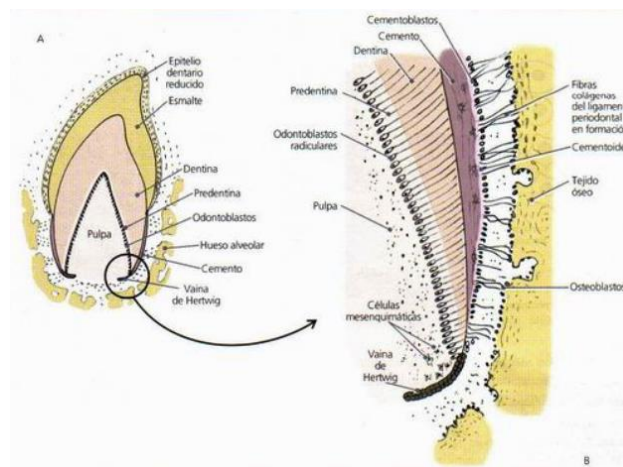


Figura 3. A: Formación radicular, estadio de folículo dentario. B: Detalle; vaina de Hertwig y cementogénesis

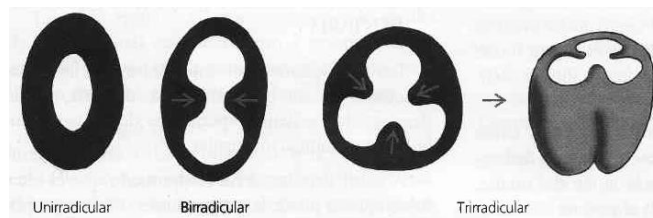


Figura 4. Modelación radicular (Vaina de Hertwig)

3.1.2.1. Pulpa dental:

Es el único tejido blando del diente, del piso de la cámara salen 2 o 3 conductos que penetran las raíces, extendiéndose hacia el foramen o ápice radicular que conecta directamente con el tejido periodontal, en el caso de los dientes unirradiculares, no existe este piso de la cámara por lo que continua sin ninguna interrupción. Sin embargo, el número de conductos estará determinado por la vaina epitelial de Hertwig, igualmente la presencia de conductos laterales y accesorios. En caso de haber conductos laterales, el tejido pulpar suele establecer conexión con el tejido periodontal y los conductos accesorios pueden encontrarse en cualquier zona de la raíz, pero son más frecuentes en el **tercio apical**.

3.1.3. Formación del cemento:

Se desarrolla a partir del ectomesénquima del saco o folículo dental que rodea el germen dentario, existen células mesenquimatosas indiferenciadas que, posteriormente se diferencian en fibroblastos y cementoblastos que van a penetrar entre los huecos de la vaina epitelial formando una sustancia fundamental denominada **precemento** o **cementoide**, al mismo tiempo se producen fibras colágenas tipo I que al mineralizarse constituyen las fibras cementosas. Los tercios superiores de la raíz se realizan de forma lenta permitiendo así, que los cementoblastos se retiren dejando un *cemento acelular* y el último tercio se forma de

manera más rápida y dependerá de la erupción del diente, los cementoblastos quedan englobados en la matriz y constituyen un *cemento celular*. El depósito de cemento ocurre durante toda la vida por lo que el espesor aumenta pasando los años.³

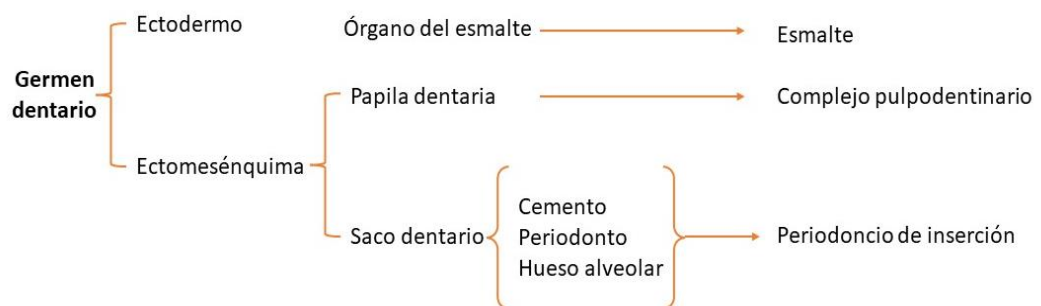
3.1.4. Formación del ligamento periodontal:

Igual que el cemento, el ligamento periodontal proviene de células mesenquimatosas del saco o folículo dental, comienza diferenciándose en tejido conectivo denso rico en fibras colágenas que se disponen irregularmente formando una *membrana periodóntica*, en las que se pueden observar fibras ancladas al hueso (**fibras de Sharpey**), en el cemento (**fibras cementosas**), unas intermedias (**plexo intermedio**), y que escaso en células y vasos sanguíneos. Estos componentes al madurar se organizarán en haces recibiendo así el nombre de **ligamento periodontal**.³

3.1.5. Formación del hueso alveolar:

Igual que los anteriores, proviene de células del ectomesénquima del saco o folículo dental, se van a diferenciar los osteoblastos que formarán el tejido óseo del alvéolo. Este hueso se caracteriza en estar en continua aposición y reabsorción debido al crecimiento y desarrollo de los gérmenes dentarios.³

Cuadro 1. Origen embriológico de los tejidos dentarios y peridentarios



3.2. Encía:

Es la parte del tejido de la cavidad bucal en la mucosa masticatoria cubierta por tejido queratinizado que recubre los procesos alveolares y rodea el área de los dientes de la superficie cervical (punto donde la raíz y la corona se unen) y se adhiere a ella a través de la unión dentogingival, es la única parte del periodonto que se observa en la boca durante la exploración bucal.^{2,4,5}

La encía tiene un color rosado coralino (características sanas) y abarca del margen gingival libre hacia apical en la mucosa de revestimiento vestibular o alveolar y está delimitada por una línea ondulada denominada *unión mucogingival*, mientras que en las caras linguales o palatinas no existe una delimitación en específico.

Se divide en 2 regiones:

- a) Encía libre o marginal: esta mucosa no está unida al hueso, se extiende del margen gingival libre (zona más cercana a la corona) hasta el surco marginal, por lo que forma la *papila o encía interdental*, en forma triangular o aplanada dependiendo de la zona dentaria. Abarca aproximadamente 0.3 a 0.5 mm de la corona desde la unión cemento-esmalte. Es de color rosado coral, superficie lisa, brillante y de consistencia blanda y móvil. ^{1,2,5}
- b) Encía fija o adherida: se encuentra unida al hueso alveolar, es la continuación de la encía libre que abarca desde el surco marginal hasta la línea mucogingival (separadora de la mucosa masticatoria), se logra distinguir su límite por el cambio de color ligeramente más rojizo característico de la mucosa alveolar. Su anchura es de 4 a 6 mm aproximadamente. Tiene un aspecto de punteo denominado “cáscara de naranja” y es de color rosado pálido. ^{1,2,5}



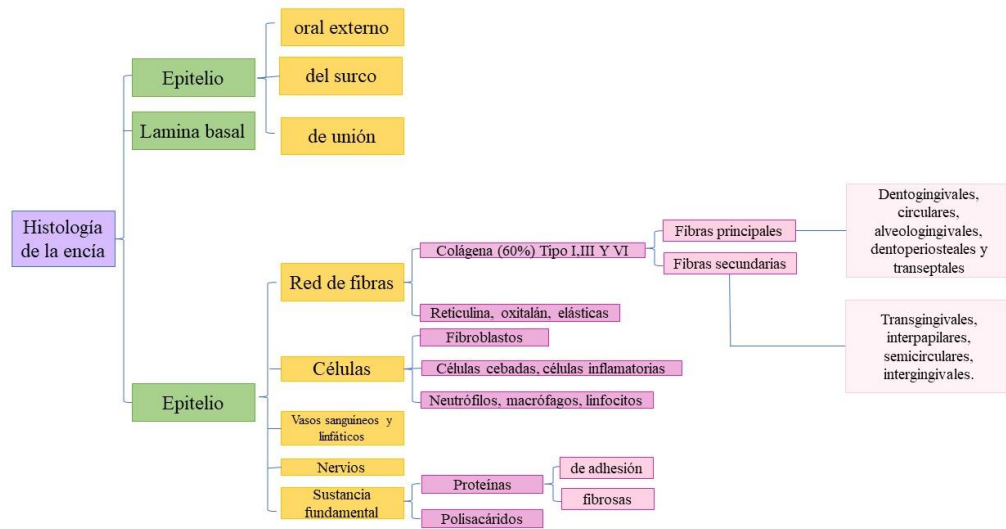
Figura 5. Ubicación de los componentes de la encía

Entre las funciones de la encía están:

- Soporte: mediante la inserción de la corona a la cresta del hueso alveolar.
- Protección: protege el tejido que rodea ya que es cuenta con tejido conectivo denso y fibroso, recubierto por epitelio queratinizado. Así es como se vuelve resistente a irritantes bacterianos, químicos, térmicos y mecánicos.
- Estética: en su estado sano cubre las raíces de los dientes y la encía interdental abarca las zonas “hueca” entre los dientes, logrando una sonrisa cosmética.
- Fonética: Si llega a haber exposición de raíces, afecta la articulación por el aire que pasa a través de los espacios interdentarios abiertos.⁵

Su irrigación sanguínea está dada por las arteriolas suprapariólicas, vasos del ligamento periodontal, arteriolas.⁴

Cuadro 2: Histología resumida de la encía



3.3. Cemento:

Esta estructura cubre la dentina de la porción radicular dental (desde el cuello anatómico hasta el ápice). Está constituido por un 46% de materia inorgánica (hidroxiapatita), 22% de materia orgánica (colágeno tipo I y sustancia fundamental) y un 32% por agua. Estructuralmente se compara con el hueso ya que tiene una dureza y composición química similar, sin embargo, no está vascularizado y carece de inervación propia. Además, no tiene capacidad de remodelación, ni resorción fisiológica. Tiene un espesor menor de 20 μm de ancho en el cuello, 50 y 80 μm en la región media de la raíz, pero dependerá posteriormente de la edad. Sin embargo, su dureza es menor que la dentina y esmalte. Su color es blanco nacarado, más oscuro y opaco que el esmalte, pero menos amarillo que la dentina. Radiográficamente es semejante a la del hueso compacto, su espesor no permite una gran visualización a excepción del ápice, ya que el tejido es más grueso.

Hay diferentes formas de cemento:

- *Cemento acelular afibrilar*: se encuentra principalmente en la parte cervical del esmalte.
- *Cemento fibrilar con fibras extrínsecas*: se encuentran en partes coronal y media de la raíz y contiene principalmente fibras de Sharpey.
- *Cemento celular mixto*: Se encuentra en el tercio apical de las raíces y en las burfaciones (tiene fibras extrínsecas e intrínsecas y cementocitos)
- *Cemento celular con fibras intrínsecas*: se encuentra en lagunas de resorción y contiene lo mismo que la anterior.²

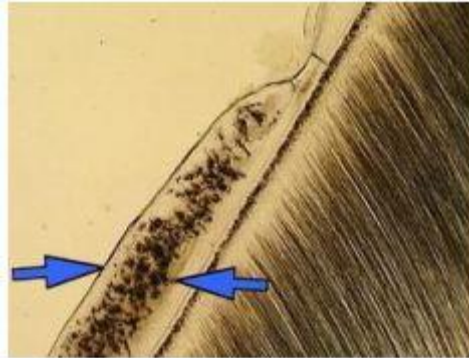


Figura 6. Cemento a nivel apical que muestra la disposición de los elementos celulares incluidos en lagunas circunscritas.

Sus principales funciones son:

- Anclaje a las fibras del ligamento periodontal.
- Control de la anchura del ligamento
- Transmisión de fuerzas oclusales
- Reparación de la superficie radicular (fractura/reabsorción)
- Compensación del desgaste del diente debido a la atrición.

3.4. Ligamento periodontal:

Es una delgada capa de tejido conectivo fibroso que se encuentra en el espacio periodontal (entre porción radicular del diente y hueso alveolar) por medio de sus fibras une al diente con el hueso alveolar, es decir, sus fibras

se insertan en el cemento y por el otro lado en la placa cribosa del hueso alveolar. El ancho del ligamento oscila entre los 0.10 y 0.38 mm, disminuye con la edad y aumenta con la masticación. A nivel del ápice el tejido periodontal se pone en contacto con la pulpa, mientras que en la parte superior se conecta con el corion gingival, es decir, que va a haber una estrecha comunicación entre ellos por lo que las infecciones que se propicien individualmente pueden conectarse entre sí, causando extensión (lesiones endoperiodontales).¹

Su estructura está dada por:

- Células: existen células formadoras (fibroblastos, osteoblastos y cementoblastos), células resorptivas (osteoclastos y cementoclastos), células defensivas (macrófagos, mastocitos y eosinófilos), células o restos epiteliales de Malassez y células mesenquimatosas indiferenciadas.
- Fibras: colágenas (se disponen en haces denominados oblicuos ascendentes, horizontales, oblicuas descendentes, apicales o interradiculares), reticulares, elásticas, oxitalánicas y de elaunina.
- Sustancia fundamental: glucosaminoglicanos (ácido hialúronico y proteoglicanos) y glucoproteínas, su contenido de agua es elevado (70%).^{3,4}

Entre sus funciones se encuentran:

- Mantener al diente suspendido en el alveolo.
- Soportar las fuerzas empleadas durante la masticación
- Actúa como receptor sensorial propioceptivo (logrando la posición de la mandíbula y correcta oclusión).¹

La **irrigación** de los tejidos de soporte se da de las *arterias alveolares (superior e inferior)* y llega al ligamento periodontal desde 3 fuentes: vasos

apicales, vasos que penetran desde el hueso alveolar y vasos anastomosantes de la encía.⁴

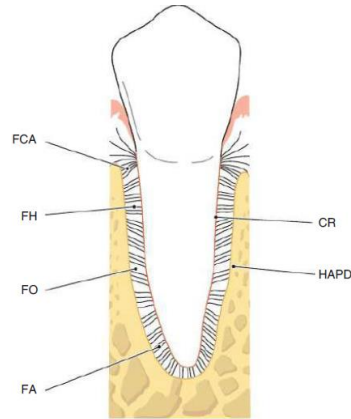


Figura 7. Localización del ligamento periodontal situado entre el hueso alveolar propiamente dicho (APD) y el cemento radicular (CR). El diente está unido al hueso mediante haces de fibras colágenas que pueden ser clasificadas en los siguientes grupos, conforme a su disposición:

1. *Fibras crestalveolares (FCA)*
2. *Fibras horizontales (FH)*
3. *Fibras oblicuas (FO)*
4. *Fibras apicales (FA).*

3.5. Hueso alveolar:

También denominados procesos alveolares y bordes alveolares, forman parte del hueso maxilar inferior y superior, no existe un límite entre ellos. Estos procesos alveolares son los huesos maxilares que rodean y contienen los alveolos dentarios.

Su composición es de un 71% de materia inorgánica (80% de cristales de hidroxiapatita, 15% de carbonato de calcio y un 5% de otras sales minerales), un 21% de materia orgánica y un 8% de agua. Dentro de su estructura contiene distintas células como: *células osteoprogenitoras*, *osteoblastos*, *osteocitos* y *células bordeantes óseas*. En cuanto a su vascularización se realiza igualmente por las *arterías maxilares superiores e inferiores*.^{1,3}

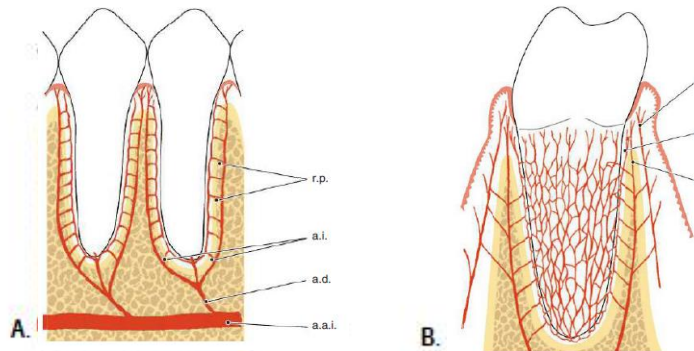


Figura 8. (A): Irrigación sanguínea de los dientes y de los tejidos periodontales. La *arteria dental* (a.d.), rama de la *arteria alveolar superior o inferior* (a.a.i.), emite la *arteria intraseptal* (a.i.) antes de ingresar en el alvéolo dental. Las ramas terminales de la *arteria intraseptal* (*ramas perforantes*, r.p.) penetran en el hueso alveolar propiamente dicho en todos los niveles del alvéolo. Estas ramas se anastomosan en el espacio periodontal con vasos sanguíneos originados en la porción apical del ligamento periodontal y con otras ramas terminales de la *arteria intraseptal* (a.i.). Antes de que la *arteria dental* (a.d.) ingrese en el conducto radicular, emite una o dos ramas que irrigan la porción apical del ligamento periodontal. **(B):** Nótese que la encía libre recibe su irrigación sanguínea de: 1) vasos sanguíneos supraperiósticos, 2) vasos sanguíneos del ligamento periodontal y 3) vasos sanguíneos del hueso alveolar.

4. CAPÍTULO II: Microbiología endodóncica

El **biofilm** es una comunidad de organismos de una o varias especies embebidas en una matriz extracelular de polisacáridos unidos a una superficie sólida, esta matriz tiene un papel muy importante ya que funcionan como una barrera física y química propiciando un ambiente de supervivencia para los microorganismos. Microscópicamente se logran ver como estructuras unitarias en forma de “champiñón” divididas de otras por canales de agua (donde pasarán sus nutrientes y la eliminación de sus residuos). Consta de una gran capacidad de resistencia que se ve aumentada en el interior del sistema de conductos ya que por su anatomía proporciona zonas de difícil acceso a las soluciones irrigantes, un ejemplo muy común es en el *ápice radicular*. Su composición bacteriana principalmente está dada por: cocos, bacilos

filamentos y ocasionalmente espiroquetas. El *Fusobacterium nucleatum* se considera la bacteria para el desarrollo del biofilm. ⁶

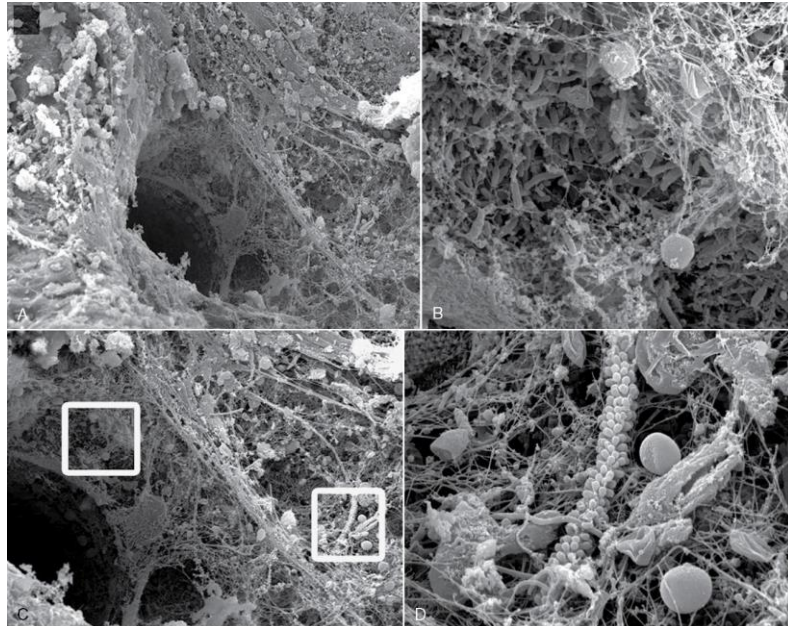


Figura 9. Micrografía electrónica de barrido que muestra una extensa colonización bacteriana en la zona más apical del conducto, en el foramen apical y sus cercanías (A-B, $\times 550$ y $\times 850$, respectivamente). B, Mayor aumento del recuadro izquierdo de C que muestra la biopelícula bacteriana adherida a las paredes más apicales del conducto ($\times 3700$). D, Mayor aumento del recuadro derecho de C que muestra una «mazorca» formada por la red de tejido adyacente al foramen apical ($\times 4000$).

Estas infecciones endodónticas causadas por el biofilm se pueden clasificar según su localización anatómica por:

- **Infección intrarradicular:** que como su nombre lo dice, se debe a microorganismos que se encuentran dentro del sistema de conductos y que se dividen a su vez en:

a) **Infección primaria:** son microorganismos que se alojan e invaden la colonización de la pulpa necrótica, sin ningún previo tratamiento. Es la causa de la periodontitis apical primaria que puede volverse crónica o aguda. Los perfiles bacterianos no provienen de una sola especie, sino de múltiples combinaciones bacterianas. Las especies/ filotipos bacterianos detectados con mayor riqueza son *Firmicutes*, *Bacteroidetes* y *Actinobacterias*.

También pueden encontrarse bacterias Gram- como *Fusobacterium*, *Dialister*, *Porphyromonas*, *Prevotella*, *Tannerella*, *Treponema*, *Campylobacter* y *Veillonella* y bacterias Gram + como *Parvimonas*, *Filifactor*, *Pseudoramibacter*, *Olsenella*, *Actinomyces*, *Peptostreptococcus*, *Streptococcus*, *Propionibacterium* y *Eubacterium*.^{7,26}

- b) Infeción secundaria: son microorganismos que NO están presentes en la infección primaria pero que se introducen después de la intervención profesional, puede producirse tanto en la pulpa vital como necrótica. Estos microorganismos pueden ser la causa de una reagudización siempre y cuando sean virulentas y alcancen un número suficiente para inducir una inflamación aguda en los tejidos perirradiculares. Las especies/filotipos bacterianos con mayor riqueza se observan *Firmicutes*, *proteobacterias* y *Actinobacterias*.

La mayoría de los estudios han revelado que cuando las bacterias se resisten a los tratamientos endodónticos, las bacterias Gram + con mayor frecuencia son: *S.mitis*, *S.gordonii*, *S.anginosus*, *S. sanguinis* y *S. oralis*, *P. micra*, *A. israelii* y *A. odontolyticus*, *P.acnes* y *P. propionicum*, *P. alactolyticus*, *L. paracasei*. *L. acidophilus*, *E. faecalis* y *O. uli*.^{7,27}

- c) Infeción persistente: causada por microorganismos de las infecciones anteriores y que resistieron a los procedimientos antimicrobianos. Las especies/ filotipos bacterianos detectados son nuevamente los *Firmicutes*, *Actinobacterias* y *Proteobacterias*.

En estudios realizados en cultivos y biología molecular se ha encontrado que *Enterococcus faecalis* es la especie bacteriana más frecuente en el conducto radicular abarcando hasta el 90 % de los casos y es especialmente difícil de eliminar con la

instrumentación y las técnicas de irrigación estándar ya que produce superóxido, gelatinasa y citolisinas tóxicas y tiene la capacidad de intercambiar material genético y penetrar dentro de los túbulos dentinarios.⁷

- **Infección extrarradicular:** se caracteriza por la invasión de los microorganismos que se encuentran en tejidos perirradiculares inflamados y puede ser dependiente o independiente de la infección intrarradicular, es decir que, pueden persistir después de la erradicación con éxito de esta última.⁷ Es decir que, la etiología de los problemas perirradiculares tiene como agente etiológico a un biofilm extrarradicular.

La forma más frecuente de infección extrarradicular dependiente es el absceso apical agudo, que se caracteriza por la inflamación purulenta en los tejidos perirradiculares en respuesta a una salida de bacterias virulentas desde el conducto radicular.⁷

Entre las principales especies bacterianas implicadas en esta infección independiente están: *Actinomyces* y *P. propionicum* en una entidad patológica denominada actinomicosis periapical o perirradicular.

Los hongos y los virus se han convertido en posibles causas del fracaso del tratamiento de conductos radiculares, incluso pueden tener repercusiones en las enfermedades perirradiculares persistentes.⁷

4.1. Consideraciones anatómicas apicales:

Como ya sabemos la raíz anatómica es la parte del diente que está conformada por cemento en su exterior y por dentina en su interior seguida por la cámara pulpar, dentro de esta cavidad se va a encontrar el tejido vasculonervioso (pulpa dental). Al extremo más

apical del conducto radicular y la raíz se le denomina **ápice**, esta región se caracteriza por la irregularidad, la inconstancia y la multiplicidad. En el vértice del ápice encontraremos el **agujero** o **foramen apical**, el cual se localiza generalmente hacia distal y exactamente en el lugar donde el cemento empieza a cubrir a la dentina, es decir que, la parte externa se constituye a expensas de la porción apical de la raíz y la interna está dada por la porción apical del conducto radicular.^{3.8}

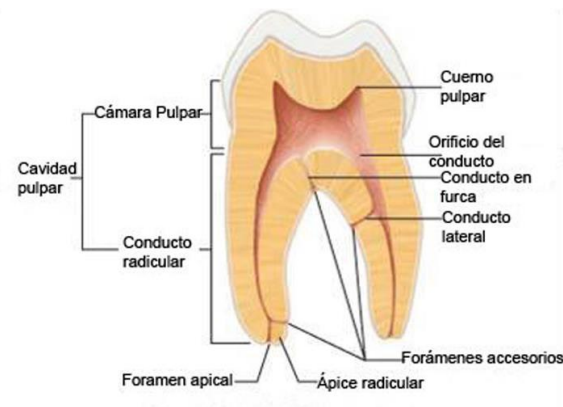


Figura 10. Cámara pulpar y conducto radicular.

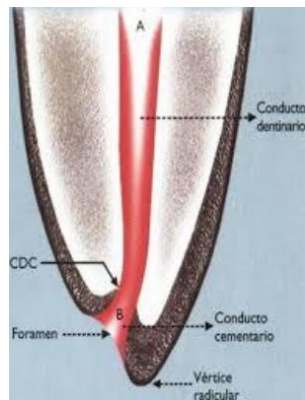


Figura 11. Unión cementodentaria (CDC)

Existen distintos tipos de ápices como; el *ápice recto* (sigue la dirección del eje mayor del diente), el *ápice curvo* (que sigue la curvatura gradual de la raíz) y el *ápice incurvado* (en forma de S itálica). También puede existir una variable en su estructura volumétrica: *ápices romos*, *ápices puntiagudos* y *ápices aplanados*.

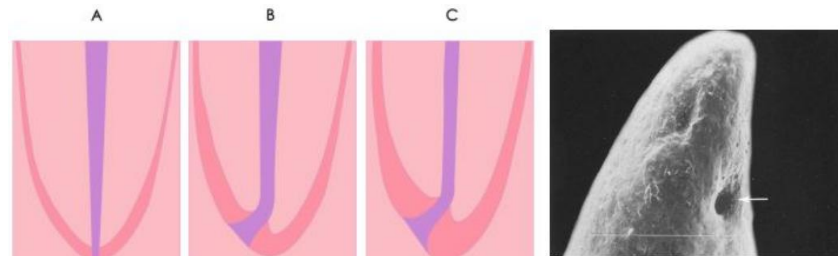


Figura 12. Topografía del ápice. (A) Ápice recto, (B) Ápice curvo y (C) Ápice incurvado. y aspecto del tercio apical visto al microscopio electrónico. Foramen situado en posición lateral (flechas). Tomado por Golderg F, 2002

La zona apical es donde el conducto presenta un mayor número de ramificaciones y en ocasiones se forma un *delta apical* que, a su vez se diferencian en 2 tipos:

- Arborización con desaparición del conducto: el conducto principal a nivel apical desaparece, convirtiéndose en colaterales. El tratamiento endodóntico en este caso no llega al ápice y se debe optar por otros recursos terapéuticos.
- Arborización sin desaparición del conducto: que como su nombre lo dice al llegar el conducto principal a porción apical continúa diferenciándose y la arborización proviene del mismo. El tratamiento endodóntico se realiza en el

conducto principal a expensas de no tratar los conductos laterales resultantes de él.³

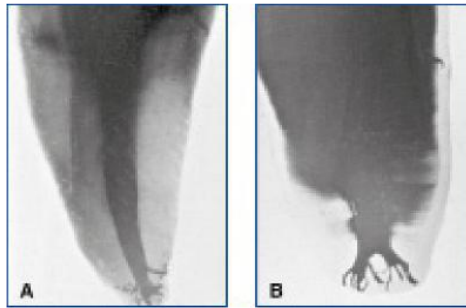


Figura 13. Delta apical. A) Sin desaparición del conducto principal. B) Con desaparición del mismo.

Existen orificios inconstantes que comunican la cavidad pulpar con el periodonto mediante conductillos que forman el *delta apical* (*accesorios* o *secundarios*) que son de menor diámetro y se les denomina *foraminas*, las cuales complican la eliminación bacteriana completa de los conductos radiculares al someterlos a tratamientos endodónticos.⁸

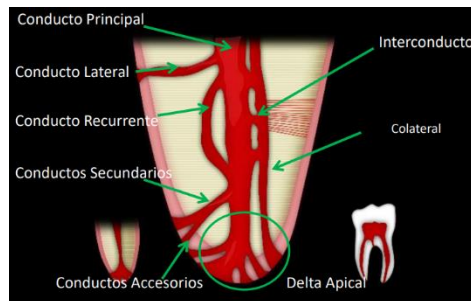


Figura 14. Nomenclatura del sistema de conductos

Leonardo y cols. Observaron al microscopio electrónico de barrido (MEB) que en los casos de lesiones periapicales se formaba una película en la superficie del ápice repleta de bacterias (*biofilm*) y resistente a los agentes antimicrobianos, que podría ser la causa de fracaso de algunos tratamientos endodónticos, especialmente

en aquellos casos en que radiológicamente se observaba lisis periapical.³

5. CAPÍTULO III: Cirugía endodóncica

5.1. Definición

También conocida como cirugía periapical/perirradicular o endodoncia quirúrgica es un procedimiento quirúrgico relacionado con los problemas de los dientes desvitalizados o con afecciones periodontales (eliminación de lesión periodontal) que requieren la amputación radicular y el tratamiento endodóntico para la conservación del diente.³

Entre sus objetivos tenemos:

- Eliminar el foco infeccioso mediante el legrado o curetaje apical y la apicectomía que lo facilita.
- Conservar el diente afectado mediante el tratamiento de conductos y el sellado apical mediante la apicectomía y obturación retrógrada.³

5.2. Indicaciones:

Existen clasificaciones para indicar la cirugía periapical, una de ellas es la de Frank que se basa en:

- Cirugía correctora por errores de técnica: presencia de instrumentos rotos dentro del conducto, perforación de la raíz, falsa vía, cuando fracasó una endodoncia, sobreobturación, sobreinstrumentación, patología periapical persistente.
- Cirugía por anomalías anatómicas: dens in dente, gran curvatura del ápice, anomalías radiculares, peligro de

fractura dentaria, extrusión del ápice, conductos accesorios no accesibles por vía ortógrada.

- Cirugía por patología dentaria: conducto radicular obliterado por depósitos secundarios de dentina calcificada, ápice muy abierto, fractura horizontal del tercio apical, patología periapical persistente.³

Sin embargo, se debe de determinar la causa de la enfermedad perirradicular persistente, para así eliminar la etiología que la mayoría de las veces es la presencia de bacterias e irritantes microbianos en el conducto radicular, incluso puede estar indicada cuando el tratamiento no quirúrgico no es práctico o es poco probable que mejore el resultado.⁷

5.3. Contraindicaciones:

- Pacientes con boca séptica.
- Abscesos o procesos infecciosos en fase aguda.
- Estomatitis ulcerosa.
- Enfermedad periodontal grave.
- Lesión periapical extendida a los tercios de la raíz o a la bifurcación.
- Proximidad peligrosa de estructuras anatómicas.
- Cuando no sea posible la restauración del diente.
- Contraindicaciones con enfermedades sistémicas.

5.4. Procedimiento:

Primeramente, se tendrá que realizar una correcta historia clínica y exámenes preoperatorios para el diagnóstico certero y posteriormente se procede a:

- Anestesia: En cirugía endodóncica la anestesia local tiene 2 propósitos: *anestesia* y *hemostasia*, se recomienda una alta concentración de anestésico con vasoconstrictor, una zona operatoria en el maxilar se utiliza normalmente la infiltración supraperióstica (fondo del vestíbulo) y en la mandíbula suele efectuarse la infiltración troncular (espina de Spix para molares y agujero mentoniano para los premolares o caninos).^{7,9}
- Incisión: Se basa en una incisión en el surco gingival, liberando el tejido subgingival y papila interdientaria que como resultado nos dará un colgajo festoneado con 1 o 2 descargas verticales. Existe una gran variedad de incisiones con el fin de conseguir un colgajo de grosor completo (el periostio se levante junto con la encía) para obtener una buena visibilidad y hacer mínima lesión e irrigación sanguínea al colgajo, sin embargo, actualmente la incisión semilunar (más popular de incisivos anteriores) ya no se recomienda debido al acceso inadecuado y a la formación de cicatrices.^{3,9}

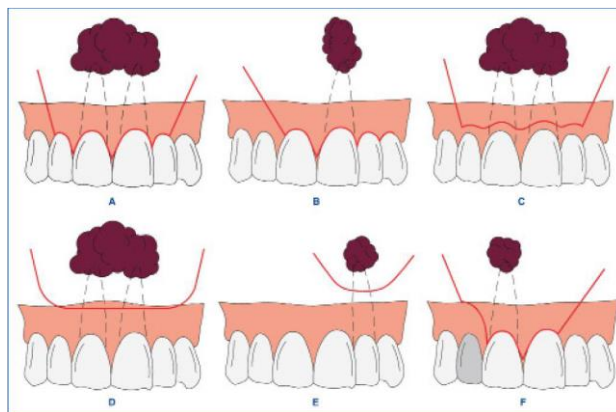


Figura 15. Incisiones de cirugía periapical. **A)** Incisión de Neumann. **B)** Incisión de Neumann parcial. **C)** Incisión de Vreelan. **D)** Incisión semilunar modificada. **E)** Incisión semilunar de Partsh. **F)** Incisión combinada (sulcular y en encía adherida) por existir una lesión periodontal.

- Despegamiento del colgajo: se hace desde la cara interna hacia apical, incluyendo el periostio. Uno de los factores clave en la

inflamación postoperatoria del tejido se debe al deslizamiento frecuente del retractor durante la cirugía por lo que se recomienda el uso de retractores de diferentes formas y tamaños para una retracción estable y atraumática.⁹

- Osteotomía: Con el fin de la localización el ápice radicular se lleva a cabo la osteotomía de la cortical externa, normalmente se elabora con fresa de bola redonda o con puntas ultrasónicas y debe haber constante irrigación con agua destilada o suero fisiológico. La osteotomía debe ser lo más pequeña posible pero tan grande como sea necesario para cumplir con su objetivo clínico.^{3,9}

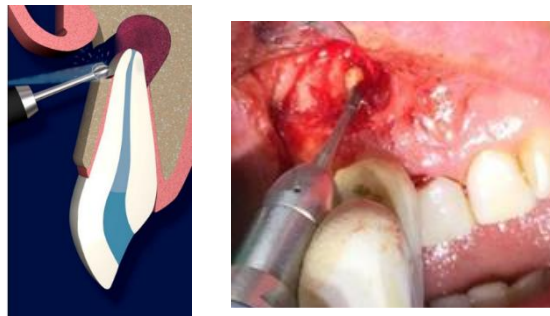


Figura 16. Osteotomía para la localización del ápice radicular.

5.4.1: Legrado/ curetaje apical:

Su finalidad es la de eliminar completamente el tejido patológico que, dependerá de la ventana ósea que se realicé, su adherencia al hueso y raíz, y el uso de instrumental adecuado como legras periodontales para posteriormente hacer su estudio histopatológico. Puede ser necesario eliminar materiales endodónticos (gutapercha, fragmentos de limas, etc.) que se encuentren en el tejido periapical.^{3,10}



Figura 17. Legrado de la lesión patológica

5.4.2: Apicectomía

Consta de la resección/amputación apical para la eliminación de la porción final de la raíz dentaria.

Sus objetivos principales son:

- Eliminar conductos accesorios o colaterales en el ápice.
- Hacer un correcto legrado del tejido patológico ya que existe un mejor acceso tanto por zonas lingual y palatina.
- Eliminar la porción de la raíz no obturada con el material de obturación.
- Si existe una sobreobturación que esté causando alguna lesión, retirar todo el material de sobra.
- Preparación radicular para una buena obturación retrógrada.
- Obtener un buen sellado apical.³

Puede realizarse con fresas redondas o cilíndricas. Anteriormente se recomendaba que el corte de la raíz tuviera un ángulo de 45 a 60°, actualmente se recomienda un corte perpendicularmente al eje longitudinal del diente. No existe una cantidad de raíz que se deba cortar para satisfacer los principios biológicos, sin embargo, Gilheany y cols. sugieren que se eliminen al menos 2 mm para minimizar la fuga bacteriana de los canales, mientras que otros estudios demuestran que se deben eliminar al menos 3 mm del extremo radicular para reducir el 98% de las ramificaciones apicales y el 93% de los conductos laterales.⁹

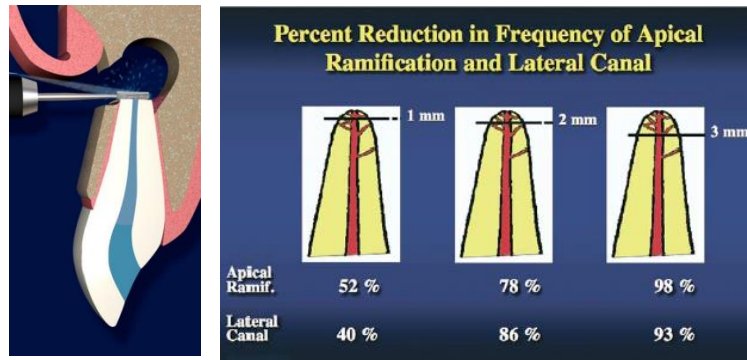


Figura 18. (A) Apicectomía y (B) Frecuencia de ramificaciones apicales y canales laterales, se necesitó una resección apical de 3 mm para eliminar la mayoría de las ramificaciones apicales y conductos laterales.

5.4.3: Obturación retrógrada

Frecuentemente, existen defectos en la calidad de la obturación radicular, que pueden ocasionar la infección extrarradicular por ello es conveniente la obturación retrógrada. Por lo que debe existir una previa preparación a la obturación que, como se mencionó anteriormente es la apicectomía, también se ha estudiado la realización de una cavidad retentiva periapical (Caja de obturación) con ayuda de las puntas ultrasónicas, permitiendo una resección mínima del ápice y facilitando la colocación del material de sellado retrógrado, creando así una mayor impermeabilización del conducto, su dimensión ha sido discutida por distintos autores, sin embargo, se recomienda como máximo 3 mm de profundidad y 1,5 mm de diámetro, anteriormente esta caja se realizaba mediante micro cabezales como las fresas de bola y troncocónicas. Sin embargo, se ha registrado una desventaja muy importante que es: microfracturas dentarias debido a la vibración del ultrasonido.^{3,10}

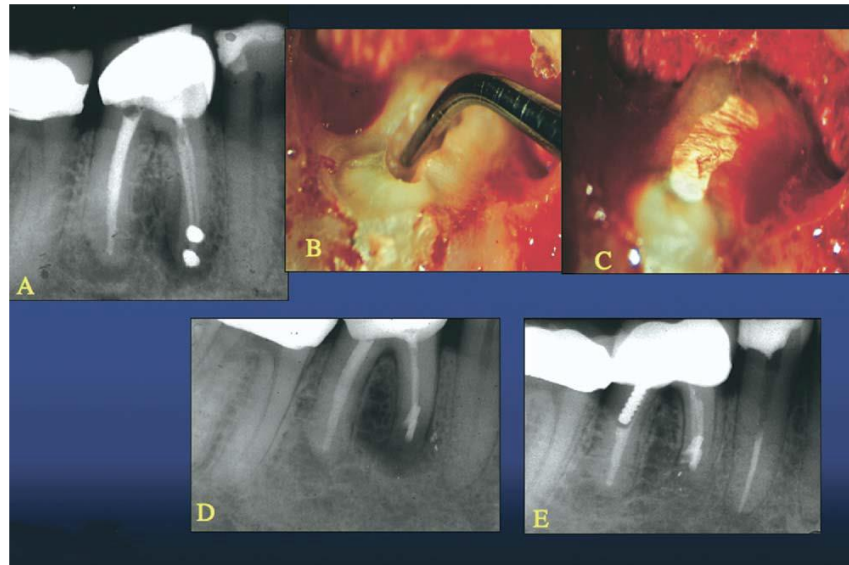


Figura 19. (A) Caso quirúrgico tradicional fallido. (B) Utilización de puntas ultrasónicas para la creación de cavidad retentiva periapical (caja de obturación). (C) Obturación de raíz con Super EBA. (D) Radiografía inmediatamente después de cirugía. (E) Radiografía 1 año después de la cirugía que muestra curación completa.

6. CAPÍTULO IV. Cicatrización de los tejidos blandos y de los tejidos duros:

Una parte importante sobre el proceso de curación de los tejidos en general es la diferenciación entre:

- Regeneración: devuelve los tejidos a su microarquitectura y funciones normales.
- Reparación: los tejidos no vuelven a su arquitectura y funciones normales generando un tejido cicatricial.⁷

La evolución de la curación de las heridas dependerá del tipo de tejido dañado, contamos con 2 tipos: *tejidos blandos* y *tejidos duros*.⁷

6.1. Curación tejidos blandos:

Se va a caracterizar por 3 fases que son:

- Fase inflamatoria: cuyo objetivo es proporcionar una rápida hemostasia y comenzar una secuencia de reacciones que lleven a la cicatrización del tejido, consta de:
 - Coagulación: se genera inmediatamente después de la lesión y dura 15 minutos aproximadamente. Se caracteriza por la adherencia y agregación plaquetaria para la formación de un tapón plaquetario en la zona dañada, que se convertirá en un coágulo, generando así la hemostasia y activación de factores de crecimiento.
 - Inflamación temprana: los PMN llegan a la zona dañada a las 6 horas de haberse creado el coágulo hasta las 24 o 48 horas que alcanzan su número máximo en la zona y disminuyen después del 3er día, su función es la descontaminación de la herida mediante la fagocitosis de las bacterias.
 - Inflamación tardía: al mismo tiempo que disminuye la población de PMN (48 a 96 horas), los macrófagos entran a la zona dañada hasta las 72 o 96 horas alcanzan su número máximo y permanecen hasta que se de la curación completa, su función es la descontaminación mediante fagocitosis, la digestión de los microorganismos y los desechos tisulares, ingestión y procesado de antígenos para la presencia de linfocitos T.^{7,11}

- Fase proliferativa: se inicia el tercer día y dura 15 a 20 días aproximadamente, se caracteriza por la eliminación del tejido necrosado, reemplazado por nuevo tejido vivo (tejido de granulación), este tejido es una estructura frágil formada por una matriz extracelular de fibrina, fibronectina, glucosaminoglucanos, células endoteliales, nuevos capilares y fibroblastos mezclados

con macrófagos inflamatorios y linfocitos. Esta condicionada esta diferenciación por células madre (condrocitos, fibroblastos u osteoblastos y otras células relacionadas al tejido que se regenera.^{7,11}

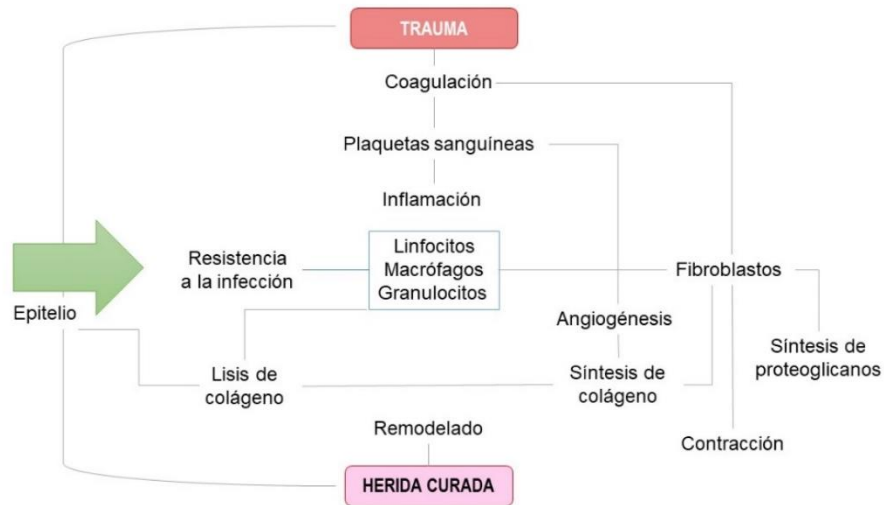
- Fase de maduración: comienza entre 5 y 7 días y se forma una barrera epitelial que protege la herida de microbios orales.⁷

6.2. Curación tejidos duros:

Las fases inflamatoria y proliferativa de la curación de tejidos duros son similar a la de los tejidos blandos, es decir que, se forma una cripta ósea y se produce el proceso inflamatorio donde participan principalmente los PMN y posteriormente los macrófagos, por consiguiente la formación de tejido de granulación, sin embargo, la fase de maduración será diferente ya que consiste en la formación de callo, conversión del hueso reticular en hueso laminar y por último, remodelado de los extremos óseos.

En la cirugía apical esta curación se realiza en; tejidos blandos (encía libre, encía adherida, mucosa alveolar y periostio) por medio de *primera intención*, como en tejidos duros (el hueso, ligamento periodontal y cemento) *por segunda intención*.

Cuadro 3. Diagrama de flujo de Hunt modificado para la cicatrización de heridas



7. CAPÍTULO V: Biocerámicos en endodencia

7.1. Definición

Los biocerámicos son materiales fabricados mediante el calentamiento de minerales en bruto a altas temperaturas caracterizados por ser cerámicos, inorgánicos, no metálicos y biocompatibles diseñados para uso médico y odontológico, su composición consta de; alúmina, zirconio, vidrio bioactivo, cerámica de vidrio, silicato de calcio, hidroxiapatita y fosfatos de calcio reabsorbibles,^{1,3}

Son hidrofílicos, es decir que, utilizan el agua presente en los túbulos dentinarios para su hidratación y tienen capacidad para penetrarlos (conductos laterales y apical dental) contribuyendo así, a la formación de una barrera física, mejorando la retención de relleno de la raíz y sepultando a las bacterias residuales.^{12,16}

7.2. Propiedades biológicas

7.2.1. Biocompatibilidad

Son biocompatibles ya que logran una adecuada respuesta del huésped debido a su similitud con la hidroxiapatita biológica en aplicaciones clínicas específicas, se le atribuye la biocompatibilidad a la presencia de fosfato de calcio (principal componente inorgánico de los tejidos duros). Permite la proliferación de fibroblastos y osteoblastos en su superficie y tiene una capacidad osteoinductora intrínseca (por su capacidad de absorber sustancias osteoinductoras) si existe un proceso de cicatrización óseo cercano.^{12,13}

7.2.2. Antibacteriana

Adquieren propiedades antibacterianas tras la reacción de precipitación durante el fraguado, que conduce al secuestro de bacterias, además de, generar una superficie con nanocristales de 1-3 nm que evitan la adhesión bacteriana. La reacción de hidratación produce hidróxido de calcio que eleva el pH, que puede durar 30 días, por lo que la difusión de hidróxido de calcio continua en los túbulos dentinarios es el resultado de eliminación de las bacterias.¹²

7.3. Clasificación por interacción con tejidos:

7.3.1. Bioinerte

No interactúan con los sistemas biológicos un ejemplo son; alúmina y zirconio que producen una respuesta insignificante en el tejido circundante.¹²

7.3.2. Bioactivo

Pueden sufrir interacciones con tejidos circundantes, ejemplo son los biocerámicos al hidratarse forman una capa de hidroxiapatita, proceso denominado: *biomineralización*, tienen capacidad de osteoconducción, establecen una fuerza de unión con el tejido óseo y no se degradan, interactuando con el tejido circundante (vidrios, fosfato de calcio, hidroxiapatita).^{12,13}

7.3.3. Biodegradable

Son solubles, capaces de ser degradados en ambiente biológico y reemplazados o incorporados por tejido duro, ejemplo son; fosfato tricálcico, vidrios bioactivos.^{12,13}

7.4. Clasificación por composición:

7.4.1. Biocerámicos a base de silicato de calcio:

- Cemento Portland

En 1824, Joseph Aspdin patentó un producto llamado cemento Portland (CP), que obtuvo a partir de la calcinación de la mezcla de calizas provenientes de Portland en Inglaterra y materiales arcillosos y se considera como la matriz de los biocerámicos, ya que puede brindarnos: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, pentóxido de fósforo, óxidos como; magnesio, potasio, bario, cromo, fluoruro, entre otros.

Existen 2 tipos de CP: el blanco y el gris (por la presencia de hierro). Cuentan con una bioactividad de iones de calcio y forma cristales de hidroxiapatita, sin embargo, no es tan efectiva ni duradera.

Presentan propiedades tanto bacterianas como antifúngicas contra *Enterococcus faecalis*, *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonasaeruginosa* y *Candida albicans*.

Al fraguar presenta una excesiva expansión que puede formar grietas en el diente. Su solubilidad es alta, lo cual pone en peligro el sellado a largo plazo de la restauración y sus cantidades de plomo y arsénico liberado por CP plantea dudas sobre su seguridad con respecto a los tejidos circundantes, por lo que gracias a avances tecnológicos apareció el Agregado de Trióxido Mineral.¹⁴

Agregado de Trióxido Mineral

El Dr. Torabinejad y Dean White en 1993 introdujeron al primer material biocerámico utilizado con éxito en endodoncia, el cemento MTA reemplazo a la formulación original del CP, eliminando el aluminio y los oligoelementos.^{14,16}

7.4.2. Aluminosilicatos de calcio experimentales:

- Endoblinder

Un nuevo cemento endodóntico a base de aluminato de calcio, se desarrolló con la intención de preservar las propiedades y aplicaciones clínicas del MTA eliminando sus características negativas. Se produce con altos niveles de pureza, eliminando óxido de magnesio libre y óxido de calcio (responsables de la expansión no deseada del material) y el óxido férrico (responsable del oscurecimiento de los dientes). Ha presentado una respuesta tisular satisfactoria in vitro.¹⁴

- Generex A

Es un material a base de silicato de calcio que tiene algunas similitudes con ProRoot MTA pero se mezcla con geles exclusivos,

tiene propiedades de manejo muy diferentes en comparación con el MTA, y es mezclado para obtener una consistencia similar a una masa, por lo que es fácil su manipulación.¹⁴

- **Capasio**

Está compuesto principalmente por óxido de bismuto, vidrio dental y aluminosilicato de calcio con un gel a base de sílice y acetato polivinilo. Hay estudios relacionados con la promoción de depósitos de apatita cuando se expone a fluidos de tejidos sintéticos, por lo que tiene la capacidad de mineralización.¹⁴

7.4.3. Mezcla de silicatos de calcio y fosfatos de calcio

Se informó que un compuesto de fosfato de calcio triple usado en un defecto óseo promovió la osteogénesis o la formación de hueso nuevo.

- **BioAggregate:**

Compuesto por silicato tricálcico de tamaño nanopartícula, óxido de tantalio como radiopacificador, fosfato de calcio, dióxido de silicio y está libre de aluminio.¹⁴

7.5. Mecanismo de acción de los biocerámicos:

Los biocerámicos bioactivos son usados en endodoncia para promover la regeneración, es decir, que ayudarán a la señalización celular y molecular, incorporando factores de crecimiento, lo cual, a su vez, regula la proliferación, migración, diferenciación, expresión de proteínas y la mineralización.

La reacción química más estudiada es la del MTA, que viene siendo la base fundamental de todos los biocerámicos, se cree que el mecanismo de acción se lleva a cabo por el óxido de calcio presente en el polvo del MTA, este proceso se caracteriza por la liberación de hidróxido de calcio al mezclarse con agua, que al

contacto con los fluidos tisulares se disocia en iones de calcio y de hidroxilo. Los iones de calcio, al reaccionar con el gas carbónico (bióxido de carbono) de los tejidos, darán origen a las granulaciones de calcita (cristales), a su vez esta granulación estimula a los fibroblastos para que liberen fibronectina, que permiten la adhesión y diferenciación celular como los osteoblastos, odontoblastos y cementoblastos para producir un puente dentinario (tejido duro).¹⁵

Cuadro 4: Mecanismo de acción del MTA

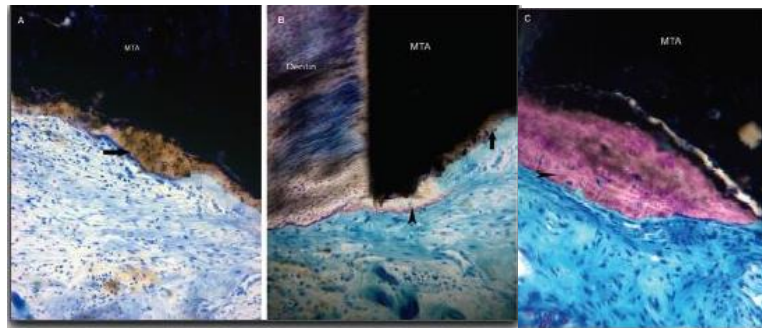
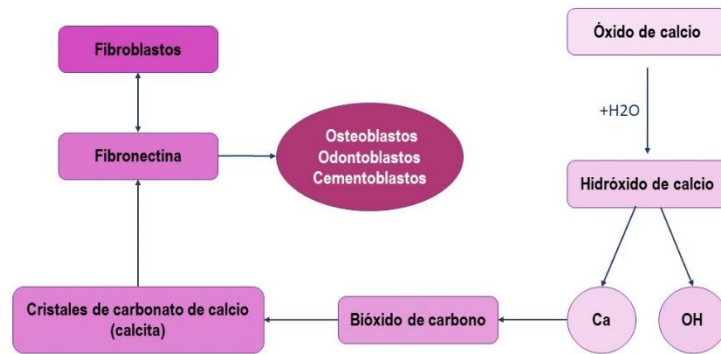


Figura 20. Microfotografía de la deposición de cemento sobre el MTA. (A) estructura cristalina sobre el MTA (flechas), al inicio basófilos, formación de cemento, cementoblastos en tejido fibroso con algunos infiltrados inflamatorios. (B) cemento recién formado (cabeza de la flecha). (C) cemento celular mineralizado. Tomado de Baek y col. 2005.

7.6. Usos clínicos:

- Obturación retrógrada: los biocerámicos en cavidades de cirugía apical han demostrado un sellado eficiente y duradero, su ventaja es la formación de cemento y hueso en el área periapical.
- Perforaciones: dependerá del área y tamaño de la perforación, en caso de que la perforación sea pequeña y apical a la unión cemento-esmalte, los biocerámicos son una mejor opción ya que toleran la humedad y aseguran un mejor sello a largo plazo con la dentina. En perforaciones amplias se considera la colocación de una matriz de colágeno antes de colocar el biocerámico, la ligera extrusión del material no es relevante.
- Reabsorciones radiculares: el material en estas situaciones tiene como objetivo, sellar el defecto en la superficie radicular para prevenir la recurrencia de la reabsorción.
- Relleno ortógrada del canal radicular: el canal radicular puede ser obturado parcial o completamente con biocerámicos cuando posiblemente se requiera una cirugía apical.
- Recubrimiento pulpar: los biocerámicos en el recubrimiento pulpar han demostrado una mayor tasa de éxito que el hidróxido de calcio, debido a su capacidad de sellado, menos solubilidad y mejores propiedades mecánicas.
- Cemento sellador: Los biocerámicos se diferencian de otros selladores tradicionales por ser hidrofílicos, además de que se expanden ligeramente y son insolubles en los fluidos tisulares, sin embargo, la penetración del material a los túbulos puede dificultar el retratamiento endodóntico por su bloqueo.¹²

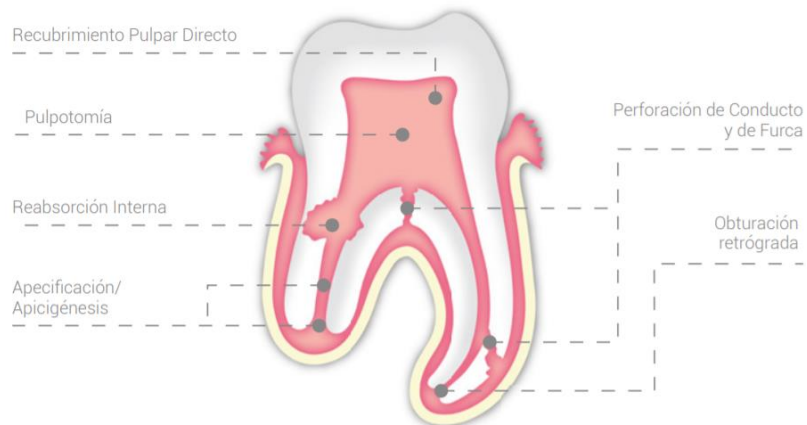


Figura 21. Aplicaciones de los biocerámicos como el MTA

8. CAPÍTULO VI: Biocerámicos empleados en la cirugía apical.

8.1. Mineral Trióxido Agregado (MTA)

ProRoot™ MTA (Densply/ Tulsa Dental, EE. UU) y MTA-Angelus (Brasil)

Composición: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato férrico tetracálcico, aluminato tricálcico, con polvo de óxido de bismuto agregado como agente radiopacificador y otros óxidos minerales.¹⁴

Decoloración: Hasta el 2002, sólo estaba disponible un material MTA que consistía en polvo de color gris cuyo tono se lo dan los iones de hierro (GMTA), posteriormente en ese año se introdujo el MTA Blanco (BMTA) eliminando el hierro para tratar la decoloración de los dientes.¹⁴

Reacción de fraguado: es por hidratación, obteniéndose silicato de calcio hidratado e hidróxido de calcio que se va liberando con el tiempo, su integración biológica se debe a los iones Ca.¹⁴

Tiempo de fraguado: 165 minutos. En el caso de ProRoot MTA el tiempo de fraguado inicial es de 40 minutos y final de 140 minutos aproximadamente.

Resistencia a la compresión: ~40 MPa a las 24 horas y ~67 MPa a los 21 días.

Resistencia de la unión al empuje: es significativamente menor que el cemento de ionómero de vidrio o fosfato de zinc, por lo tanto, no se considera un agente de cementación adecuado.¹⁴

pH: los productos de MTA hidratados tienen un pH inicial de 10,2 que sube a 12,5 tres horas después de mezclarlos.

Capacidad de sellado: la mayoría de los estudios de filtración y colorantes sugieren que los materiales de MTA en general permiten menos microfiltración que los materiales tradicionales cuando se usan como restauración apical. No se observan fugas significativas cuando quedan al menos 3 mm de MTA después de la resección del extremo de la raíz, sin embargo, si se observa la fuga significativamente mayor cuando quedan 2 mm o menos de espesor de MTA después de la resección del extremo radicular.¹⁴

Capacidad antimicrobiana: se da por el pH alcalino y la concentración de iones calcio

Biocompatibilidad: están relacionados tanto in vitro, como in vivo, conduce a la regeneración de los tejidos, tiene efectos antiinflamatorios sobre el tejido pulpar y se han confirmado efectos cementoconductores, cementoinductivos y osteoconductores, modela la producción de citocinas y forma hidroxiapatita proporcionando un sello biológico.¹⁴

Presentaciones y manipulación: Forma de polvo (1g) y agua estéril. El primer producto disponible comercialmente fue ProRoot MTA en forma de polvo de color gris debido a la presencia de hierro (óxido ferroso). Como este color gris afectaba la estética, la

composición se modificó posteriormente para reemplazar el óxido ferroso con óxido de magnesio y se comercializó como ProRoot MTA blanco en 2002. Posteriormente se modificó la composición y se introdujo el MTA Angelus en 2001.

La relación polvo- líquido recomendada es de 3:1, de consistencia arenosa para llevar mediante un porta MTA a la zona requerida. Y existe una gran variedad de MTA modificados para el mejoramiento de sus capacidades biológicas y principalmente físico- químicas que contribuirán a distintos usos en el ámbito odontológico.²¹

Ventajas para su uso en la cirugía apical:

- Fue desarrollado como material de obturación retrógrada y también cierre de perforaciones, por lo cual, cumple con las características esenciales para un material de uso en cirugía apical.¹⁸
- Su capacidad de sellado, biocompatibilidad y regeneración de tejidos en obturaciones retrógradas es superior a las de amalgama, IRM, y el Super EBA.¹⁷
- Incluso si los conductos no están perfectamente secos, tiene buenos resultados.¹⁸
- Eficacia superior sobre: *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans* y *Candida albicans*.¹⁸
- Mostró un aumento estadísticamente significativo en la viabilidad celular en comparación con el material de reparación de raíces Endosequence y Biodentine.
- Es capaz de activar el cementoblasto y regenerar el ligamento periodontal.²¹

Desventajas en el uso de obturación retrógrada:

- Posible decoloración de los dientes.

- Solubilidad
- Largo tiempo de fraguado
- Ausencia de un solvente conocido para este material
- Difícil manipulación y alto costo
- Dificultad de remoción después de la colocación.¹⁴

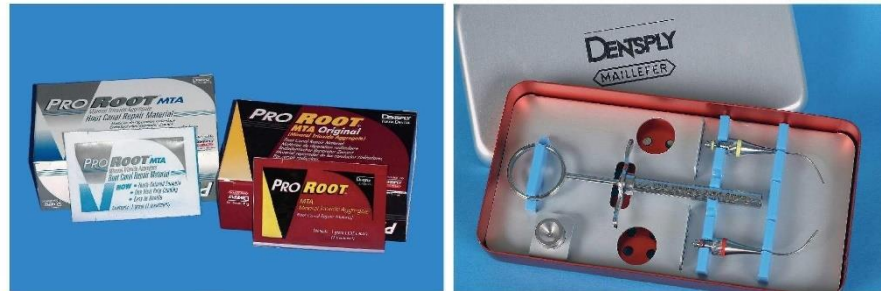


Figura 22. MTA: ProRoot MTA, Dentsply Maillefer , Suiza) tanto polvo blanco como polvo gris. De lado derecho, pistola dispensadora MTA Gun de la casa Maillefer con puntas aplicadora (diámetros: 0,9 y 1,1 mm.



Figura 23. Presentación MTA Angelus.

8.2. Biodentine

(Septodont, Francia , 2009)

Composición: Silicato de tricálcico, carbonato de calcio y óxido de zirconio como agente radiopacificador y cloruro de calcio.

Reacción de fraguado: es similar a la del MTA, formando un gel de hidrato de silicato e hidróxido de calcio, sin embargo, el carbonato de calcio actúa como un sitio de nucleación para el gel de hidrato de silicato de calcio, lo que reduce la duración del

período de inducción, lo que conduce a un tiempo de fraguado más rápido y mejora la microestructura.¹⁴

Tiempo de fraguado: hasta 6 minutos con un período de fraguado inicial de 9-12 minutos y final de 45 minutos, debido a la adición del cloruro de calcio.

Resistencia a la compresión: hay un fuerte aumento en la resistencia a la compresión que alcanza más de 100 MPa en la primera hora. La resistencia mecánica sigue mejorando hasta alcanzar más de 200 MPa a las 24 horas, tiene la capacidad de seguir mejorando con el tiempo durante varios días hasta alcanzar 300 MPa después de un mes. Sufre cambios en contactos ácidos.¹⁴

pH: 11.7

Capacidad de sellado: es causada por el efecto alcalino durante la reacción de fraguado que hace que los tejidos orgánicos se disuelvan fuera del túbulo dentinario. El entorno alcalino entre Biodentine y la sustancia dental dura abre un camino a través del cual la masa de sustitución de dentina puede entrar en la abertura expuesta de los túbulos dentinarios. Esto permite que Biodentine se una a la dentina por medio de innumerables conos microscópicos, creando un anclaje estable con un efecto sellador y hermético a las bacterias.¹⁴

Capacidad antimicrobiana: los iones de hidróxido de calcio liberados del cemento durante la fase de fraguado de Biodentine aumentan el pH a 12,5, lo que inhibe el crecimiento de microorganismos y puede desinfectar la dentina.

Biocompatibilidad: no es tóxico y no tiene efectos adversos sobre la diferenciación celular, libera calcio hasta por 90 días.

Presentación y manipulación: en cápsulas con ampollitas de líquidos en donde a la cápsula se le agregan 5 gotas del líquido

y se lleva posteriormente al amalgamador durante 30 segundos (4000-4200 oscilaciones), la consistencia tiene que ser pastosa.

Ventajas en el uso de la obturación retrógrada:

- Muestra mejor estabilidad de color que el MTA.¹⁹
- Muestra una mayor resistencia mecánica y un tiempo de fraguado más corto a comparación del MTA.¹⁹
- Los estudios también han informado una resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, microdureza y fuerza adhesiva de expulsión y liberación de iones de calcio superior en comparación con otros cementos a base de Silicato de Calcio.
- Fraguado más rápido, por lo que el riesgo de contaminación bacteriana es menor que con MTA .¹⁴

Desventajas en el uso de la obturación retrógrada:

- Debido a que se tritura, hace inevitable su desperdicio, ya que en el caso de la cirugía apical se requiere muy poca cantidad.²²



Figura 24. Presentación de Biodentine.

8.3. BioAggregate

(Innovative BioCeramix Inc, Canada)

Composición: Silicato tricálcico, silicato dicálcico, fosfato cálcico monobásico, dióxido de silicio amorfo, pentóxido de tantalio.

Reacción de fraguado: al hidratarse, el silicato tricálcico produce hidrato de silicato de calcio e hidróxido de calcio. El primero se deposita alrededor de los granos de cemento, mientras que el último reacciona con el dióxido de silicio para formar hidrato de silicato de calcio adicional. Una red de nanocompuestos de gel de silicato de calcio hidratado, forma un sello firme y hermético en el sitio.^{14,21}

Tiempo de fraguado: tarda 4 horas

Biocompatibilidad: su bioactividad se demostró con el depósito de hidroxiapatita, exhibe una liberación temprana de iones de calcio alta, que se mantiene durante 28 días, tiene menor toxicidad porque no contiene aluminio.

Capacidad de sellado: cuenta con mejor capacidad de sellado y de resistencia a la fractura y a los ácidos que el MTA.¹⁴

Presentación: Polvo blanco que se mezcla con agua.

Ventajas en la obturación retrógrada:

- Utiliza ciencia avanzada de la nanotecnología²¹
- Muestra mejor estabilidad de color que el MTA.¹⁹
- Exhibe una fuerza de unión superior al MTA.

Desventajas en la obturación retrógrada:

- Tiene propiedades mecánicas y fuerza de unión inferior al MTA.¹⁹



Figura 25. Presentación de BioAgreggate

8.4. Endosequence Root Repair Material

(ERRM, Brasseler, EE.UU):

Composición: Silicato de tricálcico, óxido de zirconio, óxido de tantalio, fosfato de calcio monobásico y agentes de relleno.

Tiempo de fraguado: 30 minutos a 4 horas.

Resistencia a la compresión:

pH: 12.4 en presentación inyectable y 7.4 en presentación de pasta.

Capacidad de sellado: Se ha demostrado mediante estudios de fuga bacteriana y se concluyó que las muestras del grupo de ERRM filtraron significativamente más que las de MTA.

Capacidad antimicrobiana: se ha comprobado que existen propiedades antimicrobianas similares a las de el MTA ante cepas de E. faecalis.

Biocompatibilidad: no ha mostrado efectos citotóxicos en los fibroblastos gingivales humanos en comparación con MTA Angelus y el material restaurador intermedio. Genera una unión a la dentina (unión micromecánica)

Presentación y manipulación: presentación en pasta e inyectable, lo cual facilita su manipulación en la zona que se quiera tratar.

Ventajas de uso para cirugía apical:

- No presenta contracción, por lo que no habrá microfiltración.¹⁸
- Forma hidroxiapatita al fraguar lo cual contribuye a la regeneración de los tejidos perirradiculares.
- Muestra mejor estabilidad de color que el MTA.¹⁹

- Muestra actividad antibacteriana contra *E. faecalis*, posiblemente debido a su pH.²⁰
- Puede considerarse como un material de reemplazo de dentina.²¹

Desventajas de uso para cirugía apical:

- Ha llegado a mostrar efectos citotóxicos en los fibroblastos gingivales humanos en comparación con MTA Angelus y material restaurador intermedio.¹⁴



Figura 25. Presentación De EndoSequence

9. CONCLUSIONES:

- ✓ La cirugía apical está indicada cuando exista la persistencia de signos y síntomas generadas por un biofilm extrarradicular, destacando principalmente bacterias como *E. faecalis*, *Actinobacterias*, *Proteobacterias*.
- ✓ La cirugía apical es una alternativa complementaria para preservar los órganos dentarios y consta de 3 procesos básicos que son el curetaje apical, apicectomía y la obturación retrógrada.
- ✓ Dentro de los materiales biocerámicos empleados en cirugía apical para la retroobtención destaca el MTA, por su biocompatibilidad tisular, estimular la reparación y mineralización por proliferación celular.

Presenta algunas desventajas como dificultad para ser colocado en la obturación retrograda, solubilidad y tiempo de endurecimiento.

- ✓ En los protocolos actuales en cirugía apical los materiales de retroobtusión como Biodentine, BioAggregate y Endosequence Root Repair Material tienen como base fundamental el silicato de calcio y su adecuada capacidad de sellado marginal.
- ✓ Torabinejad, Dreger, Koh, Kohen y Zmener mencionan que los biocerámicos empleados en cirugía apical en la obturación retrógrada presentan propiedades físicas y químicas favorables como el tamaño de sus partículas que permite la difusión y penetración, escasa porosidad en su consistencia, estimular la mineralización tisular al formar cristales hidroxiapatita en la pared dentinaria, presentan estabilidad dimensional ya que son hidrofílicos y contribuyen así a una mejor adaptación, favoreciendo los procesos de reparación y regeneración en los tejidos periapicales.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Campos Muñoz A, Gómez de Ferraris ME. Histología y embriología bucodental. 2nd ed. Médica Panamericana; 2002. Pag:83-110, 317-384
2. Lindhe J, Karring T AM. Periodontología Clínica e Implantología Odontológica. 6^{ta} ed. Médica Panamericana; 2017. Pag: 3-45,
3. Canalda Sahli C, Brau Aguadé E. Endodoncia *Técnicas clínicas y bases científicas*. 3^{ra}ed. ElSevierMasson. 2014 Pag: 4-10, 309-323.
4. Newman MG, Takei HH, Klokkevold PR, Carranza FA. Periodontología Clínica de Carranza. 9^{va} ed. ElSevierSaunders. 2012. Pag: 12-56.
5. Scheid RC, Weiss G. Woelfel Anatomía dental. 8^{va} ed. Lippincott. 2012. Pag: 197- 230.

6. Sambrano PS, Salcedo MD, Petkova GM, Ventocilla HM. Biofilm en endodoncia: una revisión. Odontol Sanmarquina. [Internet]. 2016. [Citado el 29 de marzo del 2022]; 45-49. Disponible en: <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>
7. Hargreaves KM, Cohen S. Las vías de la pulpa. 10^{ma} ed. ElSevier; 2011. Pag: 559-601, 720-750
8. Riojas GMT. Anatomía dental. 3^{ra} ed. El Manual Moderno. 2014. Pag: 10.
9. Syngcur Kim DDS, Kratchman S. Modern Endodontic Surgery Concepts and Practice: A review. American Association of Endodontics. [Internet]. 2006. [Citado el 30 de marzo del 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
10. Gómez CV, Giner DJ, Maniegas LL, Gaité BJ. Apicectomía quirúrgica: propuesta de un protocolo basado en la evidencia. Rev Esp Cir Oral Maxilofac. [Internet]; 2011. [Citado el 29 de marzo del 2022]; 61-66. Disponible en: www.elsevier.es/recom
11. López PE, Pascual SA. Fibrina rica en plaquetas en la cicatrización de los tejidos periodontales. Odontol. Sanmarquina. [Internet]. 2020. [Citado el 01 de abril del 2022]; 43-50. Disponible en: <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>
12. Espinoza F, Lizana A, Muñoz P. Biocerámicos en odontología, una revisión de literatura. Canal Abierto. [Internet].2020. [Citado el 02 de abril del 2022]; 14.2. Disponible en: <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>
13. Fernández MJ, Maresca BM, Bregni C. BIOCERÁMICOS: ASPECTOS FÁRACO-TECNOLÓGICOS Y CLÍNICOS DE USO ODONTOLÓGICO. RAAO. [Internet]. 2020. [Citado el 02 de abril del 2020]. Disponible en: <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>

14. Raghavendra Ss, Jadhav GR, Gathani KM. Bioceramics in endodontics- a review. J Istanbul Univ Fac Dent. [Internet]. 2017. [Citado el 02 de abril el 2022]; 51. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
15. Brasil K, Franceschi C, Santangelo M. Uso del Pro Root™ MTA en perforaciones dentaria. Fac Odonto UBA. [Internte]. 2009 [Citado el 03 de abril del 2022]; 56-57. Disponible en: <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>
16. Hernandez PA, Fernandez BE, Moyano T, Arguelles S, Solla Catalina. Obturación endodóntica de las raíces mesiales de molares inferiores con sellador Bio-C Sealer y AH Plus. Rev Methodo. [Internet]. 2020. [Citado el 04 de abril del 2022]. Disponible en: <https://www.lareferencia.info/>
17. Alonso AN. Biomateriales utilizados en obturación retrógrada. Fac Odon UNCuyo. [Internet]. 2016. [Citado el 04 de abril del 2022]. Disponible en: <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>
18. Jitaru S, Hodisan I, Timis L, Lucian A, Bud M. The use of bioceramics in endodontics- literatura review. Clujul Medical. [Internet]. 2016. [Citado el 04 de abril del 2022]; 470-473. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
19. Song W, Li S, Tang Q, Chein L, Yuan Z. In vitro biocompatibility and bioactivity of calcium silicate-based bioceramics in endodontics (Review). International journal of molecular medicine. [Internet]. 2021. [Citado el 04 de abril del 2022]; 128. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
20. Montero MP, Ibáñez BR, Cabanillas BD, Areal QV, Sánchez DB. Biomaterials in periapical regeneration after microsurgical endodontics: A narrative review. J Clin Exp Dent. [Internte].2021. [Citado el 04 de abril del 2022]; e935-40. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

21. Zafar K, Jamal S, Ghafoor R. Bio-active cements-mineral trioxide aggregate based calcium silicate materials: A narrative review. The Agakhan University. [Internet]. 2020. [Citado el 04 de abril del 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
22. Debelian G, Trope M. The use of premixed bioceramic materials in endodontics. Societa` Italiana di Endodonzia. [Internet]. 2016. [Citado el 04 de abril del 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
23. Antoniac I. Bioceramics and biocomposites. 1^{er} ed. 2019. Pag: 241- 270.
24. Subía ML, Peñaherrera MS, Espinoza E. Uso de Biodentine y plasma rico en plaquetas como coadyuvante para regeneración ósea quiada en cirugía paraendodóntica. Reporte de caso. Fac Odon UCE. [Internet]. 2015. [Citado el 06 de abril del 2022]. Disponible en: <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>
25. Abusrewill AM, Mc Lean W, Scott JA. The use of Bioceramis as root-end filling materials in periradicular surgery: A literatura review. Saudi Dental Journal. [Internte]. 2018. [Citado el 06 de Abril del 2022];273-282. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
26. Siqueira Jr JF, Rocas IN. Distinctive features of the microbiota associated with different forms of apical periodontitis. J Oral Microbiol. [Internte]. 2009. [Citado el 06 de abril del 2022]; 10(1): 1-12. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
27. Siqueira Jr JF, Rocas IN. Diversity of Endodontic Microbiota Revisited. Jdent Res. [Internet]. 2009. [Citado el 06 de abril del 2022]; 88(11): 969-981. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE IMAGÉNES:

Figura 1. Hargreaves KM, Cohen S. Las vías de la pulpa. 10^{ma} ed. EISevier; 2011. Pag:453.

Figura 2. Hargreaves KM, Cohen S. Las vías de la pulpa. 10^{ma} ed. ElSevier; 2011. Pag:454.

Figura 3. Campos Muñoz A, Gómez de Ferraris ME. Histología y embriología bucodental. 2nd ed. Médica Panamericana; 2002. Pag: 347.

Figura 4. Campos Muñoz A, Gómez de Ferraris ME. Histología y embriología bucodental. 2nd ed. Médica Panamericana; 2002. Pag: 104.

Figura 5. Creación propia

Figura 6. Bellera OM. Manejo Clínico del Tercio Apical en la Terapia Endodóntica convencional. 2004. Disponible en: https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_42.htm

Figura 7 Lindhe J, Karring T AM. Periodontología Clínica e Implantología Odontológica. 6^{ta} ed. Médica Panamericana; 2017. Pag: 27

Figura 8. Lindhe J, Karring T AM. Periodontología Clínica e Implantología Odontológica. 6^{ta} ed. Médica Panamericana; 2017. Pag:

Figura 9. Hargreaves KM, Cohen S. Las vías de la pulpa. 10^{ma} ed. ElSevier; 2011. Pag:

Figura 10. Morfología de la cavidad pulpar. [Internet]. Disponible en: <https://www.iztacala.unam.mx/rrivas/NOTAS/Notas2Morfologia/morfologiacavidad.html>

Figura 11. Rodriguez PA. Anatomía dentaria aplicada a la endodoncia. [Internet]. Disponible en: <http://od.odontologia.uba.ar/uacad/endodoncia/docs/2017/presentacion14-3.pdf>

Figura 12. Bóveda C. Manejo Clínico del Tercio Apical en la Terapia Endodóntica Convencional. [Internet]. Disponible en: https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_42.htm

Figura 13. Canalda Sahli C, Brau Aguadé E. Endodoncia *Técnicas clínicas y bases científicas*. 3^{ra}ed. ElSevierMasson. 2014 Pag: 21

Figura 14. Rodriguez PA. Anatomía dentaria aplicada a la endodoncia. [Internet]. Disponible en:

<http://od.odontologia.uba.ar/uacad/endodoncia/docs/2017/presentacion14-3.pdf>

Figura 15. Canalda Sahli C, Brau Aguadé E. Endodoncia *Técnicas clínicas y bases científicas*. 3^{ra}ed. ElSevierMasson. 2014 Pag: 316.

Figura 16. Cirugía apical. [Internet]. Disponible en: <http://ocw.uv.es/ciencias-de-la-salud/cirugia-bucal/pract08.pdf>

Figura 17. Cirugía apical. [Internet]. Disponible en: <http://ocw.uv.es/ciencias-de-la-salud/cirugia-bucal/pract08.pdf>

Figura 18. Cirugía apical. [Internet]. Disponible en: <http://ocw.uv.es/ciencias-de-la-salud/cirugia-bucal/pract08.pdf>

Figura 19. Kim S, Pecora G, Rubinstein R. A Harcourt Health Sciences Company. Color Atlas of Microsurgery in Endodontics. 2001. Disponible en: https://scholar.google.com.mx/scholar?q=Modern+Endodontic+Surgery+Concepts+and+Practice:+A+review.&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar

Figura. Blohm LK. Propiedades físicas y biológicas del agregado de trióxido mineral y del cemento de portland. 2009. Disponible en: https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_58.htm

Figura 21. Google web

Figura 22. Mente M. Agregado trióxido mineral Indicaciones y descripción de la aplicación clínica práctica por medio de ejemplos clínicos. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-quintessence-9-articulo-agregado-trioxido-mineral-indicaciones-descripcion-X0214098510817387>

Figura 23. Google web.

Figura 24. Google web.

Figura 25: Google web.

Cuadro 1. Campos Muñoz A, Gómez de Ferraris ME. Histología y embriología bucodental. 2nd ed. Médica Panamericana; 2002. Pag:105

Cuadro 2. Creación propia

Cuadro 3. Altare L. Reparación apical y periapical post- tratamiento endodóntico. [Internet]. 2010. Disponible en:

<https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/1694/74-176-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cuadro 4. Brasil K, Franceschi C, Santangelo M. Uso del Pro Root™ MTA en perforaciones dentaria. Fac Odonto UBA. [Internte]. 2009 [Citado el 03 de abril del 2022]; 56-57. Disponible en: <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>

11. Anexos

Estudios relacionados con los biocerámicos en la cirugía apical			
Autores	Estudios	Resultados	Conclusiones
Torabinejad y col. (1997)	Utilizaron MTA y amalgama como relleno de conductos en monos. Después de 5 meses, analizaron el tejido perirradicular y midieron la respuesta histológica	Mostraron que en 5 de los 6 conductos sellados con MTA no hubo inflamación perirradicular y si aposición de cemento. En contraste, todos los conductos sellados con amalgamas mostraron reacción perirradicular y no registraron cemento sobre el material de rellenos	El MTA presenta una cualidad antiinflamatoria, mayor aposición ósea en la lesión y frecuente formación de cemento sobre el material.
Koh y col. (1998)	Examinaron la producción de células óseas y de citoquinas cuando es colocado MTA o IRM alternativamente sobre tejido óseo.		Se concluyó que el MTA estimula la producción de osteoblastos y citoquinas en contraste con el IRM
Kohen y Zmener (2001)	Estudiaron a sus posibilidades el uso del MTA en endodoncia		El MTA en contacto con los tejidos es capaz de promover regeneración pulpar y de los tejidos perirradiculares para su uso en la apicectomía

<p>Christiansen y col. (2009)</p>	<p>Ensayo clínico aleatorizado, no se preparó una cavidad en el extremo de la raíz después de la resección del extremo de la raíz en los dientes asignados a la obturación radicular ortógrada con gutapercha.</p>	<p>Este ensayo podría interpretarse mejor como que los dientes tratados con empastes radiculares con MTA tuvieron una tasa de cicatrización significativamente más alta (96 %) que los dientes sin empastes retrógrados (52 %).</p>	<p>Los empastes radiculares contribuyen a una mejor cicatrización que a los que no se les realizó empastes.</p>
<p>Peters y Peters</p>	<p>Evalúan la adaptación marginal del SuperEBA® y el ProRoot® MTA gris, cuando son utilizados en obturaciones del extremo apical y estudiar la frecuencia de microfracturas en la resección apical en dientes extraídos antes y después de someterlos a cargas oclusales por periodos de 5 años mediante una computadora que se encarga de controlar los movimientos masticatorios. Tomaron 24 molares humanos extraídos. Se prepararon y obturaron de forma convencional con gutapercha y sellador mediante compactación lateral. Se realizaron las cavidades apicales y se obturaron con los materiales en estudio. El procedimiento quirúrgico in Vitro fue realizado bajo el microscopio operatorio. Las resecciones obturaciones del extremo apical fueron evaluadas con microscopio electrónico de barrido antes y después de ser sometidos in Vitro a ciclos masticatorios mediante un simulador. La adaptación marginal y la integridad de los dos materiales de obturación apical fueron evaluados y se registró la presencia de microfracturas.</p>	<p>Los resultados indicaron que antes de ser sometidos a las cargas oclusales, la adaptación marginal se observó en un 99,4% para el SuperEBA® y 92,2% para el MTA. Después de la carga, el porcentaje para el mismo parámetro decreció a un 93,1 y 98,9% para el SuperEBA® y MTA respectivamente. Después de la carga oclusal, el 39,5% de las raíces obturadas apicalmente con SuperEBA® se subobturaron, mientras que el 52,6% de las obturadas con MTA hubo sobreextensión. Un total de 12,5% de las raíces seccionadas en la superficie apical mostraron microfracturas antes de la carga y un 25% después, independientemente del material.</p>	<p>Las cargas masticatorias pueden generar una subobturación o sobreextensión en las raíces obturadas con biocerámicos como el SuperEBA y ProRoot.</p>
<p>Von Arx y col. (2010)</p>	<p>En este estudio in vitro se incluyeron 353 casos, 178 de los cuales recibieron preparación del extremo de la raíz y se rellenaron con ProRoot MTA, mientras que 175 casos recibieron una cavidad retrógrada poco profunda y se rellenaron con Retroplast. Los pacientes fueron recordados después de 1 año.</p>	<p>Los resultados demostraron que los dientes tratados con MTA tuvieron una tasa de éxito significativamente mayor (91,3 %) que los tratados con composite de resina adhesiva (Retroplast) (79,5 %).</p>	<p>Según los autores, las diferencias significativas en los resultados también podrían estar asociadas con las técnicas de preparación del extremo de la raíz en las que se preparó una concavidad poco profunda de</p>

		aproximadamente 1 mm de profundidad para Retroplast y, por lo tanto, no solo con el tipo de obturación retrógrada.
Montellano y col.	<p>Evaluaron si la contaminación del ProRoot® MTA blanco con sangre, solución salina o la saliva afecta su capacidad para prevenir la filtración de bacterias introducidas coronalmente. Utilizaron 90 dientes extraídos humanos monorradiculares, que fueron limpiados y preparados de forma estandarizada, hasta obtener un diámetro apical de .04 o un tamaño 50 con limas de níquel-titanio. Se realizaron las resecciones de los últimos 3 mm apicales y fueron preparadas las cavidades apicales. Los dientes se dividieron en 6 grupos de 15 dientes cada uno. El grupo 1, 2 y 3 fueron obturados con MTA después de contaminarlos con sangre, solución salina y saliva respectivamente. El grupo 4 fue obturado con MTA, sin contaminación y el grupo 5 y 6 constituyeron los grupos negativos y positivos. En el control negativo se colocó cera adhesiva cubriendo toda la raíz, y el control positivo, se colocó un cono único de gutapercha sin sellador a 1 mm de la raíz reseca. Se utilizó el análisis de Vitek para confirmar la presencia del <i>Staphylococcus epidermis</i>.</p>	<p>El análisis del porcentaje de filtración a los 30 días demostró que, aunque los 4 grupos experimentales mostraron penetración bacteriana, las muestras de MTA se mostraron sin contaminación, filtraron significativamente menos que los especímenes contaminados con saliva. No se encontraron diferencias significativas entre las muestras no contaminadas y los grupos contaminados con sangre y solución salina.</p> <p>Es decir que, no hay contaminación ya sea por medio de sangre, solución salina o saliva.</p>
Shinbori y col. 2015	<p>Evaluaron los resultados de curación clínicos y radiográficos, en la observación de un año, cuando se utilizó EndoSequence Root Repair (ERRM) como material de obturación del extremo radicular, en 113 dientes de 94 pacientes.</p>	<p>Los resultados se clasificaron según los hallazgos clínicos y radiográficos en éxito (cicatrización y curación) y fracaso (no curación). Además, ninguno de los factores pronósticos tuvo efectos significativos sobre los resultados del tratamiento. Estos incluyeron edad, sexo, posición de los dientes, tamaño de la lesión,</p> <p>En este estudio retrospectivo, el 92,0 % de los dientes se clasificaron con un resultado exitoso. Además, ninguno de los factores pronósticos tuvo efectos significativos sobre los resultados del tratamiento. Estos incluyeron edad, sexo, posición de</p>

		<p>presencia de un trayecto sinusal, síntomas preoperatorios y retratamiento ortógrado previo a la cirugía.</p>	<p>los dientes, tamaño de la lesión, presencia de un trayecto sinusal, síntomas preoperatorios y retratamiento ortógrado previo a la cirugía.</p>
<p>Shen y col. (2016)</p>	<p>Determinaron clínica y radiográficamente la cicatrización periapical en 97 casos con periodontitis apical persistente que recibieron endodoncia microquirúrgica y un material de obturación radicular retrógrado (ProRoot MTA blanco).</p>	<p>Al año de seguimiento, los resultados del tratamiento se clasificaron en éxito, fracaso y mejoría. El éxito fue evidente en el 57,7% de los pacientes, la mejoría en el 35,1% de los casos, mientras que los fracasos se presentaron solo en el 7,2% de los pacientes.</p>	<p>El éxito global se logró en el 92,8% de los pacientes (90 casos).</p>
<p>Caliskan y col. (2016)</p>	<p>Evaluaron las tasas de éxito en 90 dientes que recibieron un material de obturación retrógrado (ProRoot MTA). Durante un período de seguimiento de dos y seis años.</p>	<p>Se consideraron curados (curación completa de la rarefacción radiográfica anterior o "tejido cicatricial" de curación incompleta y ausencia de signos/síntomas clínicos), lo que representó el 80 % de los casos, no curado presentado en el 14,4% (sin reducción o incluso aumento de la rarefacción anterior, o la presencia de signos o síntomas clínicos), e incierto en el 5,6% (normalidad clínica con alguna reducción de la radiotransparencia anterior</p>	<p>En este estudio, la presencia de un granuloma o un quiste no influyó significativamente en los resultados del tratamiento.</p>
<p>Wang y col. 2017</p>	<p>Realizaron endodoncia microquirúrgica in vitro en 98 dientes en su estudio de cohorte prospectivo, utilizando ProRoot MTA retrógrado. Sólo 74 de 98 fueron seguidos.</p>	<p>Clasificaron los resultados del tratamiento según los hallazgos radiográficos en cicatrización completa (reparación ósea completa), cicatrización incompleta (tejido cicatricial), cicatrización incierta y cicatrización insatisfactoria (no cicatrizada). De los 74 dientes, 55 (74,3%) demostraron curación completa, 12 (16,2%) mostraron curación incompleta. En conjunto, 67 (90,5%) eran clínicamente normales. Tres (4,1%) se observaron con cicatrización incierta, uno</p>	<p>Este estudio demostró que el uso del diente tratado como pilar puede tener un impacto negativo en el resultado del tratamiento.</p>

	<p>de los cuales era sintomático con hinchazón y trayecto sinusal y se consideró incierto, no fracaso. Se observó una cicatrización insatisfactoria en el diente restante (1,4%).</p>
<p>Zhou y col. (2017)</p> <p>Realizaron un estudio prospectivo, aleatorizado y controlado para evaluar los resultados de la microcirugía endodóntica cuando se usa el material de reparación radicular iRoot BP Plus (BP-RRM como materiales de obturación del extremo radicular de un total de 158 dientes. 87 dientes recibieron MTA retrógrado, mientras que 71 dientes fueron obturados en la raíz con BP-RRM</p>	<p>A los 12 meses de seguimiento, los resultados se clasificaron, según los hallazgos clínicos y radiográficos, como curación completa, curación incompleta y curación insatisfactoria. Las tasas de éxito de la microcirugía endodóntica para los grupos MTA y BP-RRM (cicatrización completa e incompleta) fueron del 93,1 % y 94,4 %, respectivamente, sin diferencias significativas.</p> <p>Las tasas de éxito de la microcirugía endodóntica para los grupos MTA y BP-RRM (cicatrización completa e incompleta) fueron del 93,1 % y 94,4 %, respectivamente, sin diferencias significativas.</p>