



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

PROPIEDADES FÍSICAS DEL MTA PARA EL SELLADO  
DE UNA PERFORACIÓN RADICULAR.

**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:

KATERYNE AGNIESZKA SOLIS PEREZ

TUTOR: Mtra. FELÍCITAS GABRIELA FUENTES MORA



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

# ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| <b>Objetivos</b> .....  | 1  |
| <b>1 Introducción</b> .....                                   | 2  |
| <b>2 Capítulo I Tejidos de soporte</b> .....                  | 6  |
| <b>2.1 Embriología de los tejidos de soporte</b> .....        | 6  |
| 2.1.2 Origen y desarrollo radicular .....                     | 6  |
| 2.1.3 Formación de la raíz.....                               | 9  |
| 2.1.4 Formación del cemento .....                             | 10 |
| 2.1.5 Formación del ligamento .....                           | 10 |
| 2.1.6 Formación de hueso alveolar.....                        | 11 |
| <b>2.2 Encía</b> .....  | 11 |
| <b>2.3 Ligamento periodontal</b> .....                        | 13 |
| <b>2.4 Cemento</b> .....                                      | 16 |
| <b>2.5 Hueso alveolar</b> .....                               | 18 |
| <b>3 Capítulo II Perforaciones radiculares</b> .....          | 19 |
| <b>3.1 Definición</b> .....                                   | 19 |
| <b>3.2 Etiología</b> .....                                    | 19 |
| <b>3.3 Clasificación y pronóstico</b> .....                   | 20 |
| <b>3.4 Diagnóstico</b> .....                                  | 23 |
| 3.4.1 Signos y síntomas.....                                  | 23 |
| 3.4.2 Localizador apical electrónico.....                     | 24 |
| 3.4.3 Microscopio.....  | 25 |
| 3.4.4 Cone-beam.....  | 27 |
| <b>3.5 Prevención</b> .....                                   | 28 |
| <b>3.6 Tratamiento</b> .....                                  | 29 |
| 3.6.1 No quirúrgico .....                                     | 29 |
| 3.6.2 Quirúrgica.....   | 29 |
| <b>3.7 Respuesta del periodonto a las perforaciones</b> ..... | 30 |
| <b>4 Capítulo III Microbiología Endodóncica</b> .....         | 30 |

|   |    |
|---|----|
| <b>4.1 Dientes vitales</b> .....                              | 30 |
| <b>4.2 Dientes necróticos</b> .....                           | 31 |
| <b>5 Capítulo III Reparación y regeneración</b> .....         | 34 |
| <b>5.1 Reparación</b> .....                                   | 34 |
| <b>5.2 Regeneración</b> .....                                 | 34 |
| <b>6 Capítulo IV Agregado Trióxido Mineral (MTA)</b> .....    | 35 |
| <b>6.1 Composición</b> .....                                  | 35 |
| <b>6.2 Manipulación</b> .....                                 | 36 |
| <b>6.3 Propiedades Físicas-Químicas</b> .....                 | 36 |
| 6.3.1 Hidratación .....                                       | 36 |
| 6.3.2 Radiopacidad .....                                      | 37 |
| 6.3.3 PH .....  | 37 |
| 6.3.4 Tiempo de endurecimiento .....                          | 37 |
| 6.3.5 Solubilidad .....                                       | 38 |
| 6.3.6 Capacidad de sellado .....                              | 38 |
| 6.3.7 Resistencia compresiva .....                            | 39 |
| <b>6.4 Propiedades Biológicas</b> .....                       | 39 |
| 6.4.1 Actividad antimicrobiana .....                          | 39 |
| 6.4.2 Biocompatibilidad .....                                 | 39 |
| <b>6.5 Mecanismo de acción</b> .....                          | 44 |
| <b>6.6 Indicaciones</b> .....                                 | 46 |
| <b>7 Capítulo V Aplicación del MTA en perforaciones</b> ..... | 52 |
| 7.1 Vía no quirúrgica (intracoronaria) .....                  | 52 |
| 7.1.1 Casos clínicos .....                                    | 54 |
| 7.2 Vía quirúrgica .....                                      | 57 |
| 7.2.1 Casos clínico .....                                     | 58 |
| <b>8 Capítulo VI Biocerámicos</b> .....                       | 60 |
| <b>9 Conclusiones</b> .....                                   | 65 |
| <b>10 Referencias Bibliográficas</b> .....                    | 66 |

## **Objetivos**

Objetivo general:

Realizar una revisión bibliográfica de las propiedades físicas del MTA para el sellado de una perforación radicular.

Objetivos específicos:

Conocer el mecanismo de acción del MTA (Mineral Trióxido Agregado) en la perforación radicular.

Identificar la relación del nivel de la perforación-contaminación con su pronóstico.

## **1 Introducción**

Durante el tratamiento de sistema de conductos radiculares puede ocurrir una perforación. Las perforaciones son comunicaciones no deseadas entre el sistema de conducto radicular y los tejidos periodontales. Con pérdida de la integridad de la raíz y la consecuente destrucción del tejido periodontal subyacente, así como una respuesta inflamatoria crónica con la pérdida irreversible de inserción y reabsorción ósea.

Es fundamental en una perforación radicular, el estado pulpar (pulpa necrótica y sus productos - endotoxinas), ya que la falta de eliminación del agente etiológico favorece la infección bacteriana a los tejidos periodontales generando una respuesta inflamatoria, de aquí la importancia de realizar el diagnóstico y tratamiento oportuno.

Una perforación puede llevarse a cabo al inicio del tratamiento endodóncico, durante el acceso debido a que el operador puede desorientarse en la dirección de la fresa y su relación con la anatomía de la cámara pulpar y crearse una perforación en la región de la furca. Estas están asociadas a factores de riesgo como la anatomía del sistema de conductos radiculares, posición del diente, así como la experiencia profesional del operador.

Las perforaciones pueden presentarse durante la preparación, limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares al transportar el foramen de su posición original y realizar una sobreinstrumentación a nivel lateral de las raíces. También pueden ocurrir debido a la pérdida de la conductometría real de trabajo, a nivel del foramen apical, o durante la desobturación para la preparación de un endoposte intrarradicular. Y en un número menor de casos, las perforaciones se pueden presentar por caries o reabsorción interna.

El signo característico que evidencia la presencia de una perforación radicular es una hemorragia repentina y dolor que reporta el paciente. El pronóstico del tratamiento de las perforaciones depende del diagnóstico, localización, tamaño, contaminación bacteriana y tiempo transcurrido entre la perforación y su tratamiento. Así como de las características físicas y químicas del material y la viabilidad para sellar la perforación, el tratamiento puede ser quirúrgico o no quirúrgico.

Actualmente en la práctica endodóntica moderna se emplean localizadores apicales electrónicos y microscopios que contribuyen a el diagnóstico y tratamiento de las perforaciones de la raíz para lograr mejores resultados.

Los localizadores apicales electrónicos (LEAs) son una herramienta importante en el diagnóstico y localización de las perforaciones radiculares.

Cuentan con un dispositivo el cual transfiere una corriente eléctrica leve con impulsos alternos que miden la impedancia entre la mucosa bucal y el tercio apical.

El uso de ampliación e iluminación contribuye a la detección de la perforación situada en la cámara pulpar y en la porción recta del sistema de conductos radiculares.

El uso de cone-beam como una herramienta diagnóstica es de gran utilidad en la detección, ubicación de una perforación radicular en casos donde la radiografía ( dos dimensiones) no permite su diagnóstico.

El cone-beam nos permite tener una imagen tridimensional del diente y con ello lograr con mayor precisión las perforaciones radiculares para evaluar así las alternativas del tratamiento.

El término “Material Endodóntico Bioactivo” se ha empleado en los últimos años, para sustentar que, aunque la composición química de estos, puede ser diferente, y que un material ideal no existe sus características fundamentales de biocompatibilidad son esenciales.

A lo largo de los años se han utilizado diferentes materiales para sellar las perforaciones como la amalgama, cementos a base de óxido de zinc y eugenol, resina compuesta y cementos de ionómero de vidrio. En 1993 fue desarrollado un nuevo material llamado Mineral Trióxido Agregado (MTA) en la Universidad de Loma Linda por Torabinejad.

El MTA está compuesto por diferentes óxidos minerales, consiste en un polvo que contiene partículas hidrofílicas que al hidratarse forman un gel coloidal y se transforma en una estructura sólida alrededor de 3 a 4 horas.

Entre sus propiedades más importantes destaca que es hidrofílico, tiene un pH alcalino de 12.5, es radiopaco, tiene capacidad de sellado, es biocompatible y tiene un efecto antibacteriano. Su mecanismo de acción es similar al hidróxido de calcio, estimulando la producción de células formadoras como osteoblastos, odontoblastos y cementoblasto.

El MTA (Mineral Trióxido Agregado), está indicado en recubrimientos pulpares directos, apicogénesis, apicoformación, reabsorciones internas y obturación retrógrada y en perforaciones radiculares. El MTA en los estudios histológicos presenta ventajas respecto a otros materiales cuando se utiliza para la reparación de perforaciones radiculares. Su mecanismo de acción es similar al hidróxido de calcio, estimulando la producción de células formadoras como osteoblastos, odontoblastos y cementoblasto.

El MTA tiene una alta capacidad de sellado que le permite evitar la contaminación bacteriana. Este material ha sido investigado tanto in vitro como in vivo y su respuesta biológica es positiva y está bien documentada por su biocompatibilidad.

Estudios realizados en perforaciones radiculares reportan que sus resultados varían de 50% a 90%. Siew en un metaanálisis reportó en 2015 tasas de éxito de 80.9 en 188 perforaciones en las que se empleó el MTA (Mineral



Trióxido agregado). Los estudios histológicos reportan que este material permite el crecimiento de cementoblastos con deposición de cemento sobre su superficie debido principalmente a su biocompatibilidad y sellado, propiedades que favorecen la osteoconducción.

Es importante señalar que si la perforación, no puede ser sellada el pronóstico del diente es desfavorable. Al no poderse llevar a cabo el objetivo de reparar una perforación radicular y mantener un periodonto sano que esté en yuxtaposición con la perforación.

El propósito de este trabajo es describir las propiedades físicas-químicas del MTA para el sellado de una perforación radicular con base en una revisión bibliográfica.

## **2 Capítulo I Tejidos de soporte**

### **2.1 Embriología de los tejidos de soporte**

#### **2.1.2 Origen y desarrollo radicular**

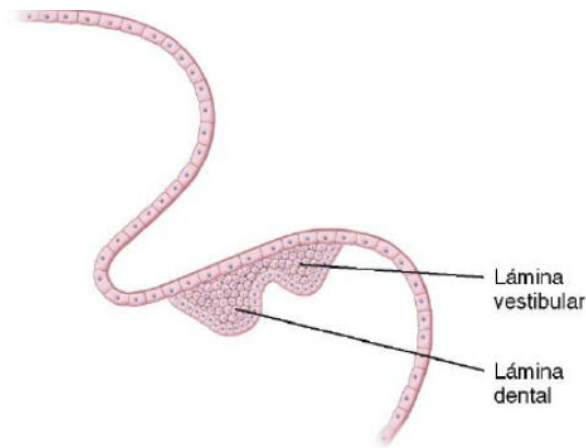
El desarrollo de los tejidos periodontales se produce durante la formación y el desarrollo de los dientes. Las dos capas germinativas que participan en la formación del diente son: el epitelio ectodérmico que formará el esmalte y ectomesénquima. El ectomesénquima son células de la cresta neural que emigran a las regiones de la cabeza y cuello y originan la dentina, pulpa, cemento, ligamento periodontal y hueso (1).

El proceso de la odontogénesis se lleva en 2 fases:

- Morfogénesis o morfodiferenciación: consiste en el desarrollo y formación de los patrones coronarios y radicular
- Histogénesis o citodiferenciación: Ocurre la formación de los tejidos dentarios: esmalte, dentina y la pulpa a partir de patrones previamente formados (1).

Durante la 6a semana de vida embrionaria comienza la odontogénesis que es la formación de los dientes empieza con una proliferación del ectodermo asociados con los procesos maxilares. Esta actividad conduce a la formación de la lámina primaria que se divide en: la lámina vestibular y la lámina dental (2). Después de la formación de la lámina dental se inicia una serie de procesos: estadio de yema o brote, casquete o caperuza y campana, donde se van a producir más células ectomesenquimatosas que forman la papila dental y el folículo dentario (3).

Imagen 1. Formación de la lámina vestibular y dental a partir del ectodermo.



Fuente: Hargreaves K, Berman L, Cohen S. Cohen Vías de la Pulpa. 10th ed. Madrid: Elsevier; 2011

En el estadio de brote existe una proliferación de células del epitelio de la lámina, se origina un engrosamiento externo que constituye al primordio, botón o brote dental. Al mismo tiempo el ectomesénquima se condensa y forma un folículo dental (4).

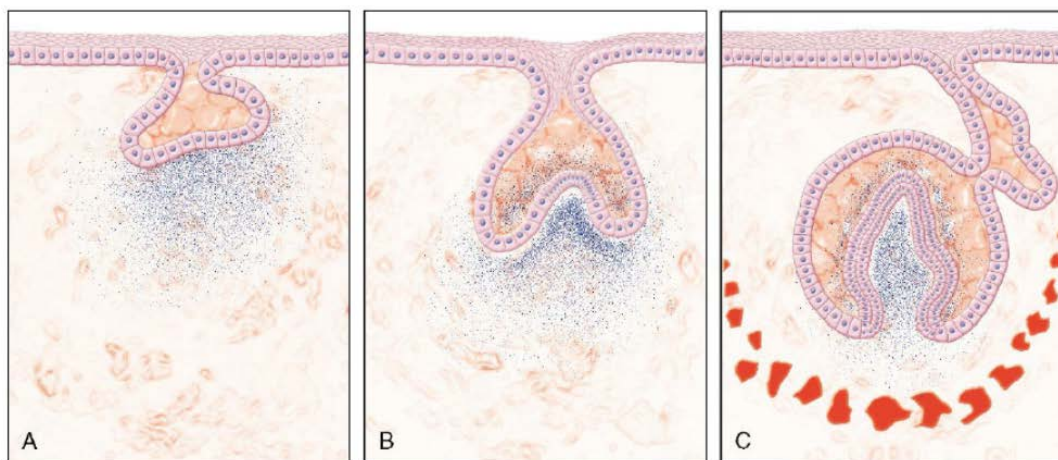
En el estadio de casquete las células de la lámina dental han proliferado y se produce una invaginación del ectomesénquima, en este estadio el germen dentario está constituido por:

- Órgano del esmalte: De origen ectodérmico y está constituido por epitelio dental externo, epitelio dental interno y retículo estrellado.
- Esbozo de la papila dentaria: Estructura de origen ectomesenquimático, que está debajo del esmalte, dará origen al complejo dentino-pulpar.
- Esbozo del saco dental. Origen ectomesenquimático, se encuentra alrededor del diente, que dará origen al ligamento, cemento, hueso alveolar y ligamento periodontal (5).

En el estadio de campana al crecer el germen se hace más profunda la invaginación de la papila dental cambia su morfología en forma de campana. Se establecen los procesos de histo y morfodiferenciación de todos los elementos estructurales. El epitelio interno se diferencia en ameloblastos que contribuyen a la formación del esmalte, las células de la papila se diferencian en odontoblastos que van a formar la dentina. Existen cambios importantes:

- El órgano del esmalte se reduce a nivel de los bordes incisales o en las zonas donde estarán las futuras cúspides en el caso de los dientes posteriores.
- Inicia la aposición de Esmalte a nivel del borde incisal y se continúa hasta llegar a cervical, se observa la Dentina y la predentina; entre los dos se inicia la formación de la conexión amelodentinaria.
- Los extremos más apicales del epitelio externo e interno del esmalte están en íntimo contacto y forman el asa radicular (11,12).

*Imagen 2. Estadios de la odontogénesis*



Representación esquemática de las fases del brote (A), caperuza (B), y campana (C) del desarrollo dental.

Fuente: Hargreaves K, Berman L, Cohen S. Cohen Vías de la Pulpa. 10th ed. Madrid: Elsevier; 2011

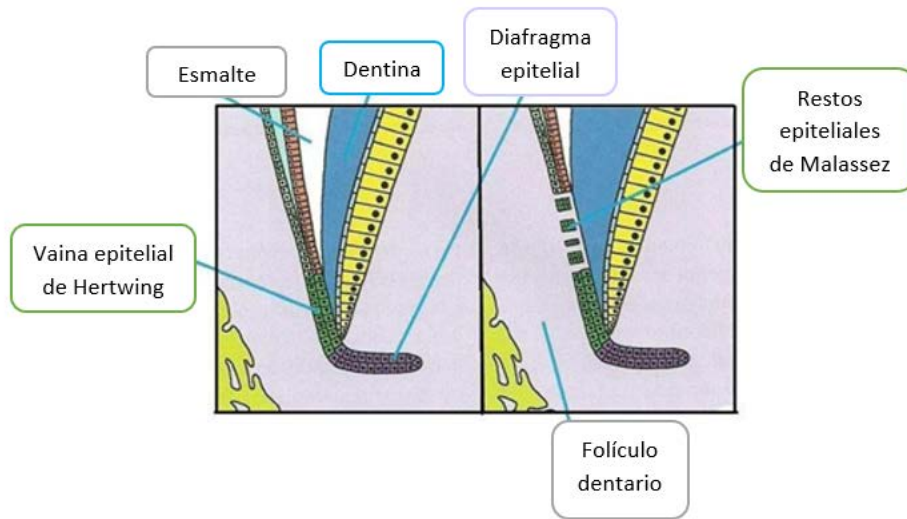
### 2.1.3 Formación de la raíz

Cuando se ha elaborado todo el esmalte y la dentina coronales, el germen del diente pasa a la formación de la raíz.

Los epitelios externo e interno del esmalte del asa cervical se alargan y forman la vaina epitelial de Hertwig que delimita la futura pulpa dental y será la responsable de la formación, número, tamaño y forma de las raíces.

Como en la formación de la corona, las células del epitelio interno del esmalte influyen sobre las células mesenquimatosas adyacentes, para que se diferencien en odontoblastos. Cuando se deposita la primera capa de dentina radicular, la vaina epitelial se fragmenta y forma los restos epiteliales de Malassez. El epitelio de la vaina modela el futuro límite dentinocementario e induce la formación de dentina por dentro y cemento por fuera. Durante la formación y desarrollo de la vaina epitelial de Hertwig se puede producir pequeñas interrupciones que originan conductos laterales o accesorios. Al terminar la formación radicular, la vaina radicular se curva y forma el diafragma que va a marcar el límite distal de la raíz y envuelve el agujero apical primario. En este momento la papila se transforma en pulpa (1,4,6).

Imagen 3. Desarrollo de la raíz



Fuente: Google web: <https://www.mindomo.com/es/mindmap/cementogenesis-d06aa9f0e409481580952f64635b2ece>

#### 2.1.4 Formación del cemento

A partir de las células mesenquimatosas indiferenciadas existentes en el saco dentario, se diferencian fibroblastos y cementoblastos que penetran en los huecos que existen entre los fragmentos de la vaina epitelial, formando la sustancia fundamental del precemento y también producen fibras colágenas tipo I (4).

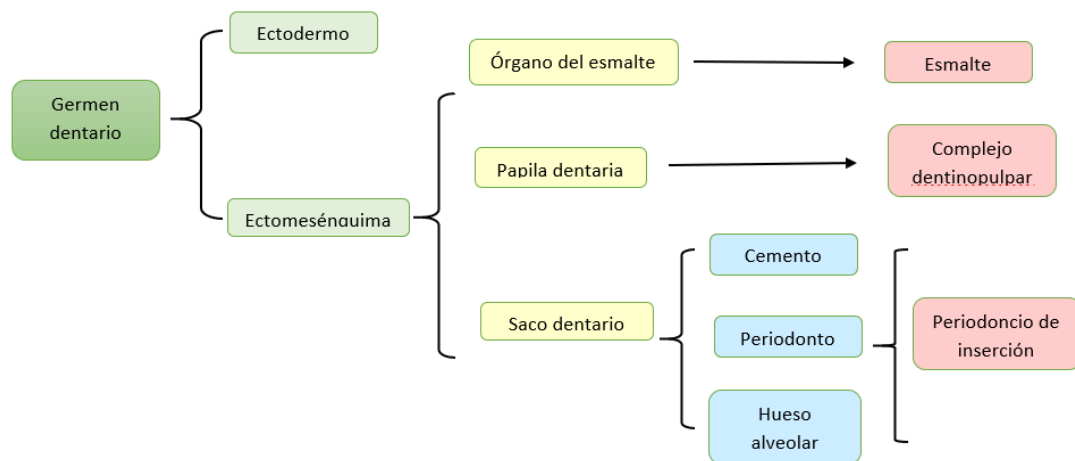
#### 2.1.5 Formación del ligamento

A partir del saco dentario empieza a diferenciarse un tejido conectivo muy rico en fibras colágenas y escaso en células y vasos sanguíneos. Las fibras forman un tejido conectivo denso y se disponen irregularmente constituyendo la membrana periodóntica, en donde se observan grupos de fibras. Cuando en un estadio maduro de la formación, las fibras se organizan en haces y forman el ligamento periodontal (4).

### 2.1.6 Formación de hueso alveolar

A partir de las células mesenquimatosas indiferenciadas del saco dentario se diferencian los osteoblastos, que producen un tejido osteoide, una vez mineralizada, formará el hueso del proceso alveolar (6).

Esquema 1. Origen embrionario de los tejidos dentarios



Fuente: Gómez de Ferraris, Campo M. Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental. Ciudad de México: Médica Panamericana; 2019.

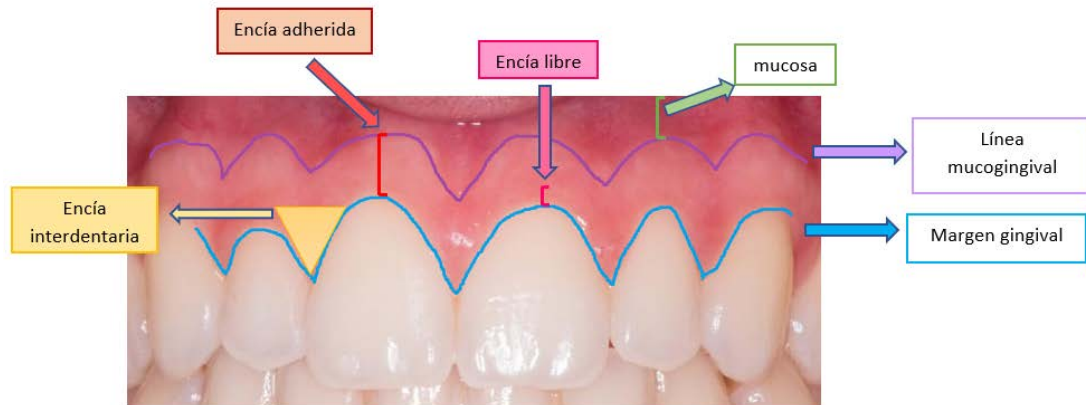
## 2.2 Encía

La encía es la parte de la mucosa masticatoria que cubre el proceso o el reborde alveolar y rodea a los dientes en su parte cervical. Se extiende desde el margen de la encía marginal hasta la línea mucogingival (7,8).

Se clasifica según su ubicación:

- Encía libre o marginal: Se localiza coronalmente a la encía insertada.
- Encía insertada o adherida: Se adhiere directamente al hueso.
- Encía interdental: Se encuentra entre los dientes por debajo del punto de contacto.

Imagen 4. Ubicación de los componentes de la encía



Fuente: elaboración propia.

**Encía libre o marginal:** Se encuentra en la zona vestibular y lingual o palatina de los dientes. Al no estar adherida al diente forma un surco gingival. En el fondo del surco se adhiere al diente por medio del epitelio de unión. Una vez terminada la erupción dentaria la encía libre se ubica aproximadamente 0.3 a 0.5 mm coronal a la unión cemento-esmalte.

**Encía insertada o adherida:** Esta unida al hueso alveolar, su anchura es de aproximadamente 4 a 6 mm en las zonas vestibulares de los incisivos y molares, y siendo menor en la zona de caninos y premolares inferiores, y normalmente muestra un puntilleo.

**Encía interdientaria:** Es parte de la encía libre que esta entre los dientes adyacentes llenando los espacios interdientales. Normalmente su forma es piramidal, y su vértice está por debajo del área de contacto entre los dientes (1,7,8).

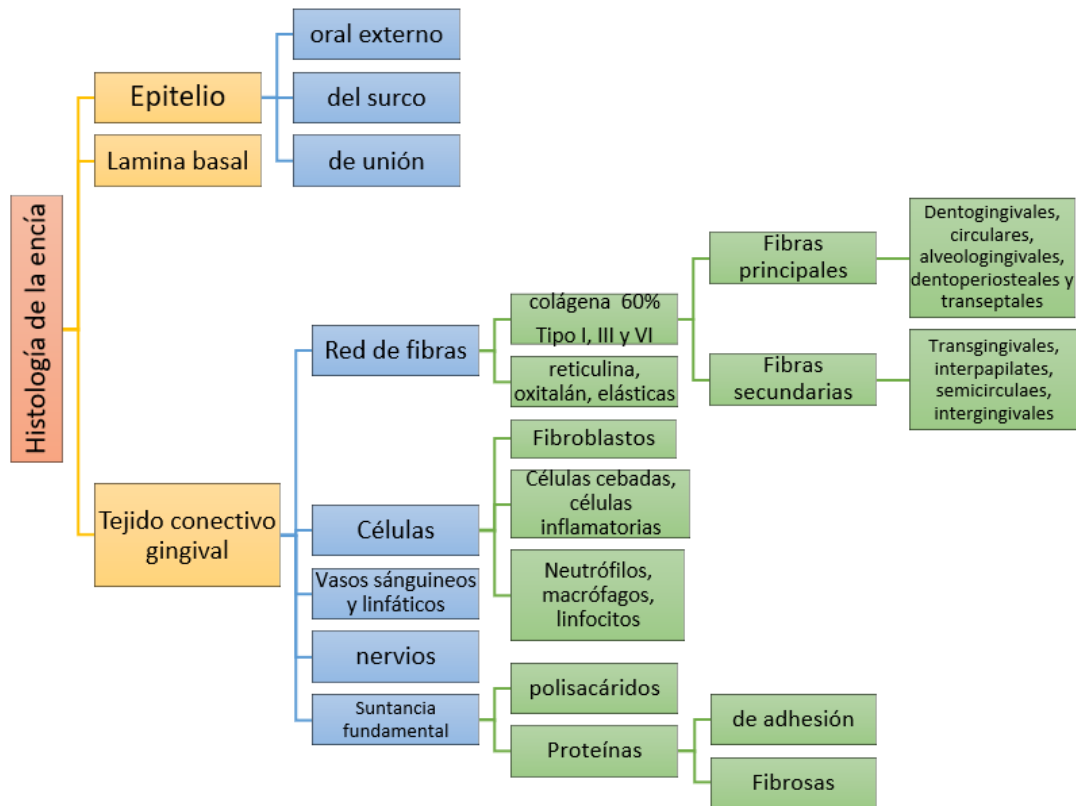
#### Características clínicas

- Color: Varía de un color rosa pálido o rosa coral.
- Forma: La encía marginal termina en forma de filo de cuchillo, la encía insertada sigue la forma festoneada del hueso alveolar.



- Consistencia: Firme y resilente, está dada por las fibras de colágena y la sustancia fundamental del tejido conjuntivo.
- Textura: Puntilleo, generalmente presente en la base de la papila.

Esquema 2. Histología de la encía.



Fuente: elaboración propia

La encía se vasculariza por las arterias dentales alveolares superior anterior y posterior y de las arterias palatinas mayores. En la mandíbula, por las arterias alveolar (dental), bucal, sublingual y mentoniana. Las ramas de estas arterias llegan a la encía por medio de: septum interdental, el ligamento periodontal y los vasos supraperiósticos de la mucosa oral (7).

### 2.3 Ligamento periodontal

Es un tejido conectivo, especializado, muy fibroso y vascularizado, que rodea al diente y une el cemento radicular con la pared del alveólo. Su ancho varía

de 0.15 a 0.4 mm, es más estrecho en el tercio medio radicular, y más ancho en el tercio apical y cervical. Conforme aumenta la edad disminuye su espesor (6,7).

#### Funciones

- Física: Mantiene los dientes adentro del alveólo y amortigua las fuerzas de masticación.
- Sensorial: Actúa como un receptor para un adecuado posicionamiento de los maxilares durante la masticación.
- Formativa: Participa en la reparación, remodelación y regeneración de los tejidos periodontales.
- Nutritiva: Su principal vascularización se origina de las arterias dentarias.
- Movilidad dentaria: Determina la movilidad y migración de los dientes dentro de sus alveólos (7).

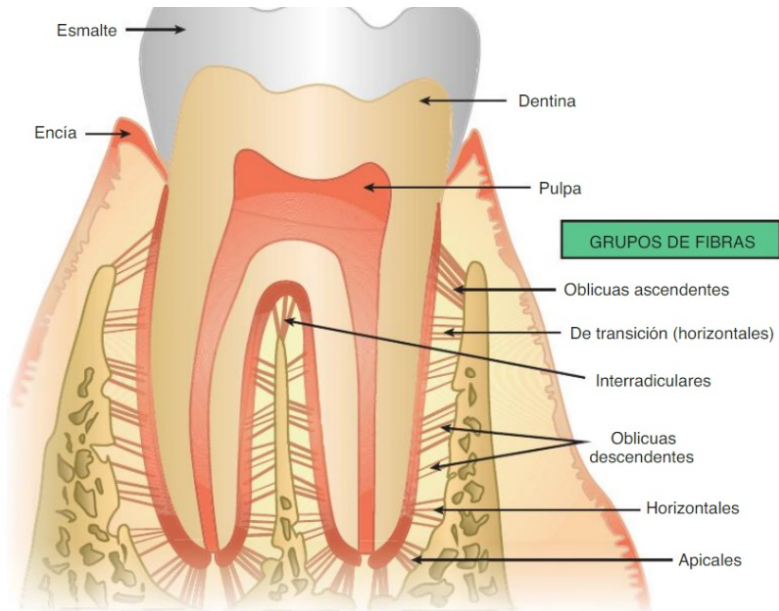
#### Composición

Consiste de una matriz extracelular constituida por: fibras, sustancia fundamental, células, vasos sanguíneos y nervios.

#### Fibras

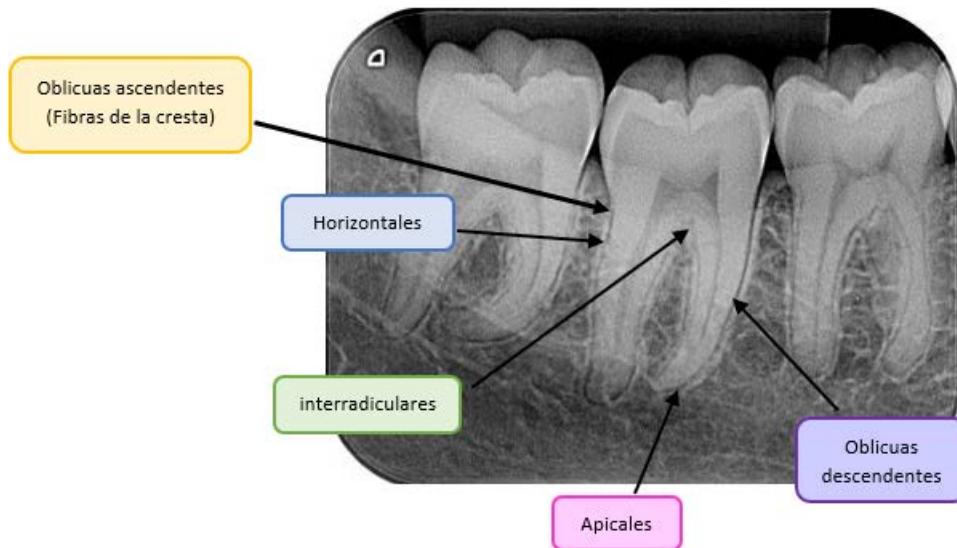
Están formadas principalmente por colágena tipo I y tipo III, pero también por tipo V, VI, XII y XIV. El ligamento está formado de fibras principales, fibras de Sharpey y fibras elásticas. Los extremos de todas las fibras principales del ligamento están embebidos de cemento y hueso, estas porciones embebidas son las fibras de Sharpey. Las fibras elásticas son: oxitalán y elaunina (6–8).

Imagen 5. Fibras principales del ligamento



Fuente: Gómez de Ferraris Campo M. *Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental*. Ciudad de México: Médica Panamericana; 2019

Imagen 6. Ubicación de las fibras principales del ligamento en una radiografía.



Fuente: elaboración propia

### Sustancia fundamental

Es el principal componente del ligamento, es amorfo, une a los tejidos y fluidos. Está constituido 70% de agua, glucosaminoglicano principalmente por el dermatán, proteoglicanos, glicoproteínas, fibronectina etc.

### Células

Las células del ligamento son osteoblastos, osteoclastos, en el borde del hueso alveolar; los fibroblastos, células epiteliales o restos de Malassez, macrófagos, células endoteliales, células mesenquimatosas indiferenciadas y cementoblastos sobre la superficie radicular.

- Fibroblastos: Son las principales células del ligamento. Su función es sintetizar y secretar la matriz extracelular, también contractibilidad y movilidad. Producen las fibras de Sharpey, una vez mineralizadas, quedan incorporadas dentro del cemento.
- Cementoblastos: Se encuentran cerca del cemento, extendiendo sus procesos citoplasmáticos hacia él.
- Osteoblastos: Son células que sintetizan la matriz orgánica del hueso, y participan en su mineralización.
- Osteoclastos: Son células gigantes, frágiles y móviles, son capaces de migar sobre el endostio y la superficie ósea, se encargan de la desmineralización del hueso.

El ligamento está muy vascularizado, su principal aporte sanguíneo son las arterias alveolares superior e inferior, formando ramas alveolares, que entran al hueso como arterias intraalveolares, y dan ramas que penetran al hueso alveolar y pasando al espacio del ligamento (3,7).

### **2.4 Cemento**

Es un tejido conectivo mineralizado especializado, que cubre la dentina de las raíces de los dientes y a veces se puede formar sobre el esmalte. No contiene

vasos sanguíneos ni linfáticos, carece de inervación, no tiene remodelación ni resorción fisiológica, pero se sigue depositando durante toda la vida.

### Funciones

- Sirve para anclar el diente al hueso, fijando las fibras principales del ligamento periodontal a la raíz.
- Sirve como una capa protectora para la dentina
- Ayuda a mantener al diente en su posición funcional, gracias a su depósito durante toda la vida.
- Participa en la reparación y regeneración periodontal (8).

El cemento está compuesto por:

- Material inorgánico 65 %: Principalmente por hidroxiapatita.
- Material orgánico 23%: 90% de colágena tipo I, tipo II se encuentra en mayores concentraciones durante el desarrollo, reparación y regeneración de los tejidos mineralizados. Pequeñas cantidades de colágena tipo V, VI y XIV. Proteínas no colagenasas: fosfatasa, fibronectina, proteoglicano etc.
- Agua 12%
- Células: cementoblastos y cementocitos

Los cementoblastos tienen la función de secretar la matriz del cemento, los cementocitos son los cementoblastos que, durante la formación del cemento, quedan atrapados dentro de las lagunas (7,8).

### Clasificación

- Cemento acelular afibrilar: Principalmente se encuentra en la parte cervical del esmalte.
- Cemento acelular con fibras excéntricas: En las partes coronal y media de la raíz y principalmente está formado por las fibras de Sharpey.

- **Cemento celular mixto estratificado:** Se encuentra en el tercio apical en las raíces y en las furcaciones. Contiene fibras excéntricas e intrínsecas y cementocitos.
- **Cemento celular con fibras intrínsecas:** Se encuentra en lagunas de resorción. Contiene fibras intrínsecas y cementocitos (8).

## **2.5 Hueso alveolar**

Forma la pared ósea de los alveolos que sostiene a los dientes y está en constante remodelación.

Composición

Parte orgánica

- 95% componente fibrilar: predomina la colágena tipo I y III
- 5% componente no fibrilar de proteínas no colagenasas y moléculas regulatorias. Polipéptidos, proteoglicanos, osteocalcina, proteínas morfogenéticas óseas, decorina etc.

Parte inorgánica: principalmente por hidroxapatita

Células

- **Osteoblastos:** Participan en la formación ósea, se encuentran en el endostio alveolar y ligamento periodontal sobre la superficie externa del alveolo.
- **Osteocitos:** Son los responsables de mantener los niveles uniformes de minerales dentro del hueso.
- **Osteoclastos:** Se encargan de la resorción del hueso. Son células gigantes, multinucleadas, tienen la capacidad de degradar los componentes orgánicos e inorgánicos del hueso (7).

Su vascularización se da por las ramas de las arterias maxilares superior e inferior, que constituyen las arterias intratabiques; estas, al salir del periodonto, se llama arterias perforantes y, al atravesar la cortical perióstica, se unen al plexo supra perióstico (4).

## **3 Capítulo II Perforaciones radiculares**

### **3.1 Definición**

“La perforación es una comunicación mecánica o patológica entre el sistema del conducto radicular y la superficie externa del diente” (9).

“La perforación radicular es una comunicación artificial entre el sistema de conducto radicular y los tejidos de soporte” (10).

### **3.2 Etiología**

Las perforaciones se crean patológicamente por la reabsorción y la caries y iatrogénicamente durante el tratamiento de conducto radicular o por sus secuelas (2).

Patológicas: Se dan por caries y reabsorciones. Algunos factores que causan las reabsorciones son: Procesos patológicos periapicales, enfermedad periodontal, movimientos ortodóncicos bruscos, patologías (quistes, tumores, etc.) (11).

Iatrogénicas : La causa más frecuente de las perforaciones es la iatrogenia que puede ocurrir por una posición inadecuada de la fresa en la realización del acceso cameral, en la localización de la entrada a los conductos radiculares, durante la preparación de los conductos o en la colocación de un endoposte, ya sea por falta de destreza del operador o por falta de conocimiento de la anatomía del diente (12).

En la realización de acceso (perforación de acceso), la perforación se encuentra en furca de un diente multirradicular, o en el tercio coronal. Si está en el tercio medio del conducto se hizo en la colocación del endoposte

(strippings), y en el tercio apical del conducto por errores de instrumentación (2).

La perforación accidental de la raíz ocurre aproximadamente entre el 2% y el 12% de todos los dientes tratados endodónticamente (12).

Las zonas que presentan mayor predisposición a recibir una perforación es en la zona de cámara pulpar de los molares (furca). Generalmente los dientes posteriores son los que son más afectados (9,13).

### **3.3 Clasificación y pronóstico**

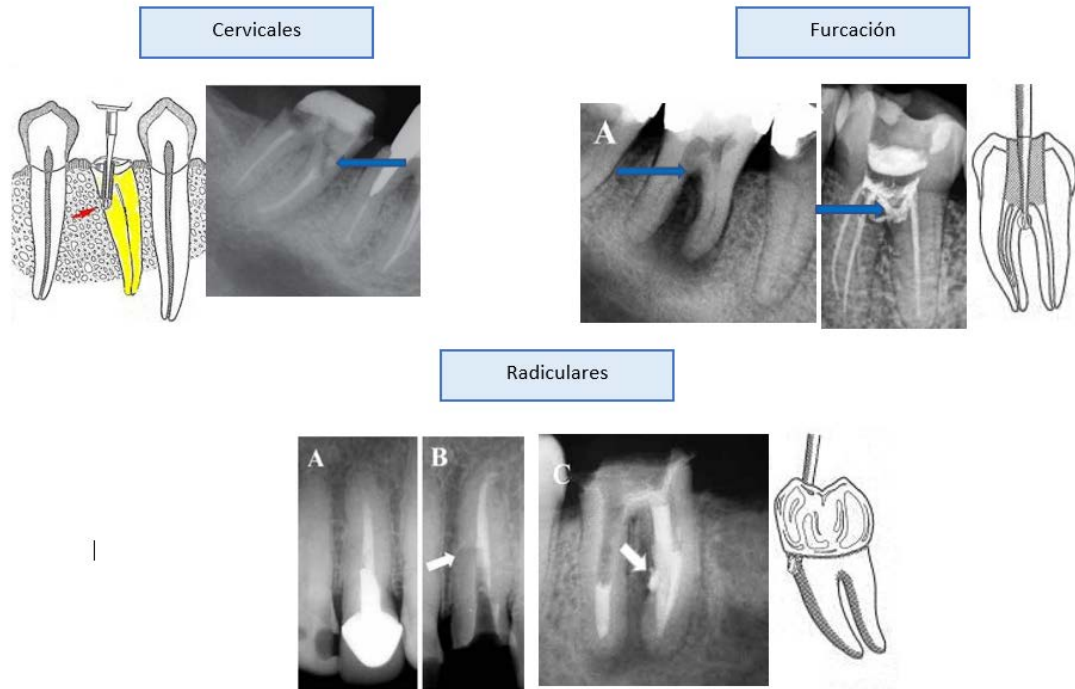
Los factores que afectan al pronóstico de las perforaciones son: la localización, el tamaño, tiempo transcurrido, contaminación bacteriana, y por la capacidad del material utilizado para sellar la comunicación. La localización de la perforación es probablemente el factor más importante para el pronóstico de su tratamiento (2,14,15).

Localización: Se clasifican en cervicales, en furca o radiculares

- Cervicales: Normalmente, se producen durante la preparación del acceso.
- Furcación: Ocurren en casos donde la cámara este muy retraída, donde existe dificultad para localizar la entrada de los conductos.
- Radiculares: Las perforaciones se pueden producir en la parte convexa o concava de la curvatura del conducto. Estas perforaciones se dan por un desgaste excesivo de la pared por instrumentos rotatorios (11).



Imagen 7. Ubicación de las perforaciones



Fuente: Soares JJ, Cantarini C, Miraglia Cantarini JP, Goldberg F. Empleo del MTA en la obturación de perforaciones radiculares de origen iatrogénico. Rev Asoc Odontol Argent. 2018;127-35.

Las perforaciones a nivel de la cresta están a nivel del epitelio de unión y del hueso alveolar tienen el peor pronóstico, en el tercio apical o medio de la raíz tienen un mejor pronóstico que las del tercio cervical o piso de la cámara pulpar, al tener menos probabilidad de contaminación con microorganismos. En general, cuanto más apical se la localización de la perforación más favorable será el pronóstico; sin embargo, sucede lo contrario para la propia técnica de reparación. Entre más apical la perforación más difícil la reparación de perforación (2,15).

Las perforaciones, se clasifican en coronal con buen pronóstico, coronal a cresta ósea-unión epitelial con mal pronóstico y hacia apical de la cresta ósea con buen pronóstico (16).

## Tamaño

Con respecto al tamaño se dividen en: pequeñas, medianas y grandes. Las perforaciones pequeñas son aquellas que se ocasionan con instrumentos endodónticos como las limas 15 y 20, el daño que se produce en el tejido es mínimo. Las medianas se dan con limas mayores a la 25, todavía no existe una pérdida grande de dentina. Las grandes normalmente se dan en la colocación de un endoposte, este tipo de perforaciones producen un daño tisular y las posibilidades que se presente una infección son mucho mayores (> a 0,5 mm de tamaño radiográfico) (17).

## Tiempo

El tiempo transcurrido entre la perforación y su tratamiento es un factor muy importante para el pronóstico. Es mejor la reparación inmediata que la reparación tardía. Mientras más tiempo transcurra entre el momento de la perforación y su tratamiento, mayor será la dificultad para lograr la reparación de los tejidos lesionados e inflamados (11).

*Imagen 8. Pronóstico de las perforaciones*



*Fuente: Google web*

[https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado\\_53.htm](https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_53.htm)

### **3.4 Diagnóstico**

El diagnóstico precoz es fundamental para el tratamiento adecuado de una perforación. Mientras más rápido sea el diagnóstico, más rápido será el tratamiento y mejor el pronóstico.

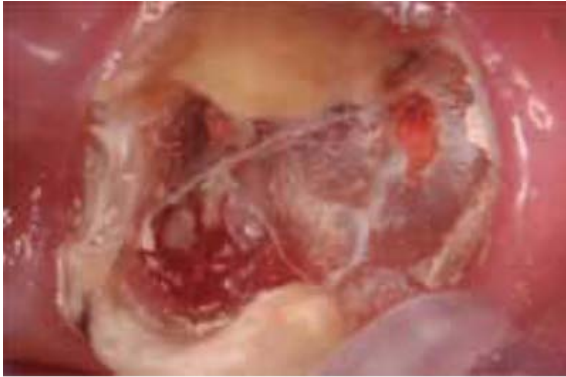
El diagnóstico de estas perforaciones puede realizarse clínicamente evaluando los signos y síntomas y por el empleo de herramientas tales como: radiografías, puntas de papel, localizadores de ápice, microscopio etc. Se puede realizar un sondaje del surco gingival para evaluar la posible comunicación del defecto con la cavidad bucal. Radiográficamente, la perforación se ve como una zona radiolúcida, puede ser diagnosticada utilizando instrumentos radiopacos y radiografías en ángulos diferentes. En caso de dudas, se puede pedir una tomografía para observar mejor la ubicación, el tamaño, el grado de destrucción y el compromiso de los tejidos adyacentes (2,11).

#### **3.4.1 Signos y síntomas**

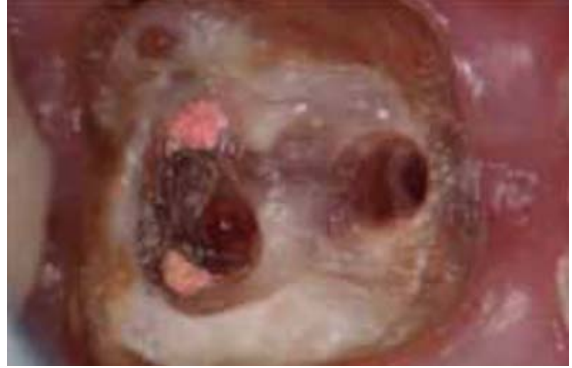
Signos y síntomas que se pudieran presentar al ocurrir una perforación:

- Dolor repentino durante la preparación del conducto o la preparación del espacio para el endoposte.
- Sangrado repentino y constante de color rojo brillante.
- se puede presentar un fuerte dolor postoperatorio como resultado de procedimientos de limpieza y preparación a través de una perforación no detectada (2,4).

*Imagen 9. Perforación del OD 47*



*Imagen 10. Perforación del OD 46*



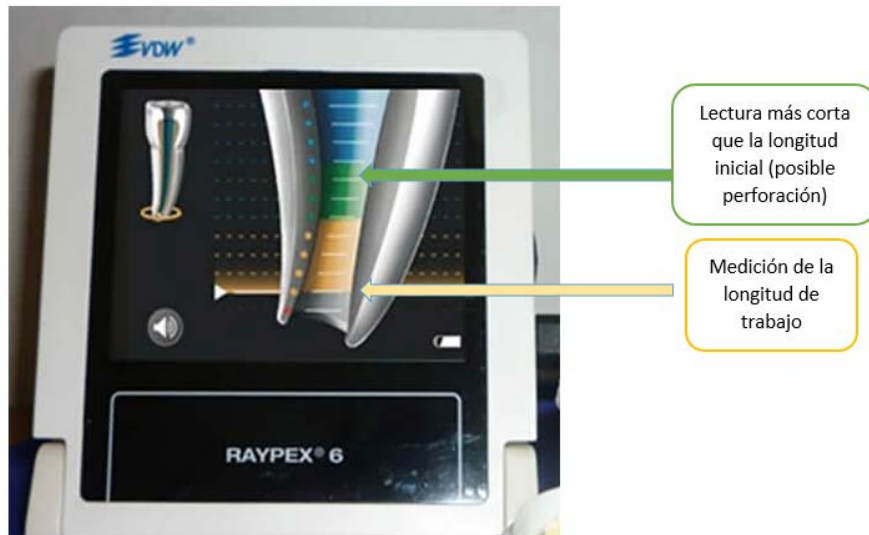
*Fuente: Revista de la Sociedad de Endodoncia de Chile N° 32 Octubre 2015*

- Las lesiones inflamatorias del periodonto, que se manifiestan con: aumento de la profundidad de sondeo, supuración, mayor movilidad y pérdida de inserción pueden ser signos de una perforación no detectada o tratada sin un buen resultado (8).

#### 3.4.2 Localizador apical electrónico

Puede ser útil el localizador apical para el diagnóstico de las perforaciones. Una lectura más corta que la longitud inicial indica una posible perforación. La lectura antes del ápice puede detonar comunicaciones con el periodonto. El localizador es más confiable que las radiografías y ayuda a saber la ubicación de la perforación (11).

Imagen 11. Localizador de apice



Fuente: Google Web: <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2015/2/art-1/>

### 3.4.3 Microscopio

El microscopio operatorio es una herramienta importante para el diagnóstico y el tratamiento de una perforación: Magnifica el campo de trabajo y da más luz, esto ayuda a tener una visión directa del sitio de la perforación, es útil para controlar la colocación correcta del material de reparación y evita el bloqueo del conducto radicular.

El uso del Microscopio Operatorio puede clasificarse para diagnóstico, endodoncia quirúrgica y no quirúrgica. Ayuda a diagnosticar fisuras, fracturas, caries, localización de cuartos conductos, conductos no tratados, conductos calcificados y alteraciones anatómicas (11).

*Imagen 12 imagen clínica de la perforación del OD 36 (12,5x)*



*Imagen 13 obturación de la perforación a través del microscopio con aumento 12,5X*



*Fuente: Revista de la Sociedad de Endodoncia de Chile N° 32 Octubre 2015*

*Imagen 14 Colocación del MTA con microscopio*



*Palacios Sánchez AI, Rosas Aguilar R, Guizar Mendoza JM. Desviación de conducto radicular localizada con CBCT: reporte de un caso. Rev ADM. 2018;75(1):45-9.*

#### 3.4.4 Cone-beam

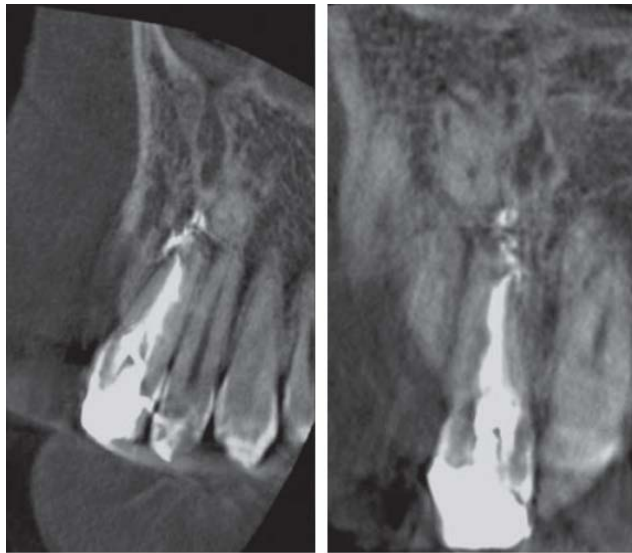
Una radiografía convencional tiene algunas desventajas: presenta ruidos anatómicos, es una imagen bidimensional y genera distorsión geométrica, por eso es importante utilizar otro método de diagnóstico que es el cone-beam para tener una mejor visualización de la perforación.

La tomografía cone-beam permite un análisis en tercera dimensión, se puede visualizar de manera virtual áreas inaccesibles con menos dosis de radiación, nos ayuda a detectar la presencia y ubicación de las perforaciones, desviaciones del conducto, conductos sin tratar, resorciones y algunas fracturas. También se puede utilizar el cone-beam para valorar el sellado tridimensional en la zona de la perforación (18).

*Imagen 15 Se observa desviación del conducto y el conducto principal del OD 11 en una radiografía dentoalveolar.*

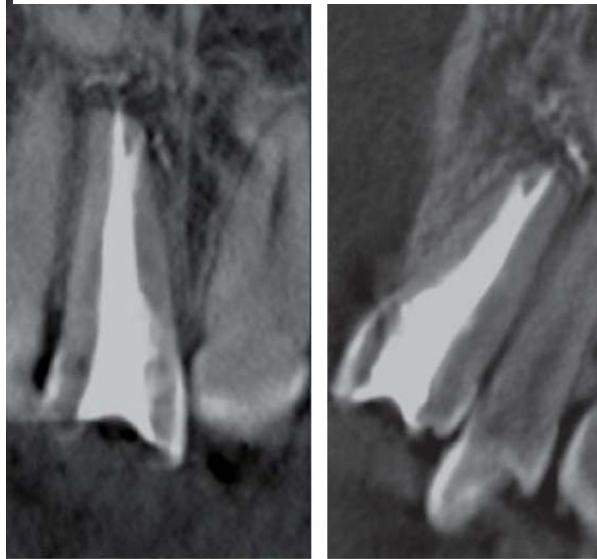


*Imagen 16 Identificación de la perforación del OD 11 y desviación del conducto por tomografía cone-beam.*



*Palacios Sánchez AI, Rosas Aguilar R, Guizar Mendoza JM. Desviación de conducto radicular localizada con CBCT: reporte de un caso. Rev ADM. 2018;75(1):45-9.*

Imagen 15. Cone-beam a los 6 meses



*Palacios Sánchez AI, Rosas Aguilar R, Guizar Mendoza JM. Desviación de conducto radicular localizada con CBCT: reporte de un caso. Rev ADM. 2018;75(1):45–9.*

### 3.5 Prevención

Las perforaciones se pueden evitar:

- Examinando la posición de la cavidad pulpar en las radiografías antes de realizar el acceso.
- Conocer la anatomía pulpar del diente a tratar, la ubicación de las entradas de los conductos.
- Tener perfecta visibilidad. Si es necesario se puede eliminar una pared o cúspide.
- Tener cuidado en conductos estrechos en el paso de instrumental del 25 al 30, momento donde se puede hacer una perforación.
- No utilizar instrumentos rotatorios sino en casos indicados y conductos anchos.
- Podemos verificar radiológicamente la alineación y la posición de la fresa mientras se realiza el acceso (19).



### **3.6 Tratamiento**

El tratamiento puede ser quirúrgico o no quirúrgico, para elegir el correcto tratamiento debemos considerar varios criterios: el tiempo, el tamaño de la perforación, las condiciones periodontales del paciente, la higiene bucal, el acceso, la visibilidad de la perforación y la experiencia del operador.

#### **3.6.1 No quirúrgico**

Normalmente es preferida porque es menos invasiva, se pueden tratar perforaciones que se dan en el piso de la cámara pulpar o del tercio coronal de la raíz y en perforaciones pequeñas.

#### **3.6.2 Quirúrgica**

Está indicada en las grandes perforaciones, cuando se da por una reabsorción, cuando la perforación ya tiene mucho tiempo y ha creado una lesión periodontal a su alrededor, cuando la perforación se encuentra en una zona de difícil acceso, en la presencia de postes y coronas cementadas a las restauraciones coronales externas. El tratamiento quirúrgico es más invasivo, más costoso y tiene como desventaja la limitación de acceso a zonas interproximales (2,17,20).

El éxito del tratamiento es inversamente proporcional al tamaño. Cuanto mayor sea la perforación menor éxito del tratamiento, debido que va hacer más difícil sellarla y el daño de los tejidos perirradiculares serán mayores (17).

Varios materiales se han utilizado para sellar la perforaciones como amalgama, gutapercha, óxido de zinc y eugenol, ionómero de vidrio, resinas compuestas, biocerámicos como el MTA, Biodentine. Un material ideal debe ser biocompatible, dimensionalmente estable, insoluble, fácil de manipulación, radiopaco, con un buen sellado, antimicrobiano, bioactivo (inducir cementogénesis y osteogénesis, capaz de promover la regeneración de los tejidos perirradiculares) (12,14,21).

### **3.7 Respuesta del periodonto a las perforaciones**

Es mejor la reparación inmediata de la reparación tardía, porque el retraso puede producir problemas periodontales. Cualquier interrupción de la continuidad de la estructura de la raíz causará irritación a las estructuras de soporte (2). Si la perforación está ubicada cerca del margen gingival puede resultar en una pérdida de inserción con migración apical del epitelio de unión, desarrollándose una bolsa periodontal. En zonas más apicales, se pueden generar una lesión ósea lateral (8,22).

Las perforaciones radiculares actúan como canal abierto que ayuda a la entrada de bacterias provocando una inflamación de los tejidos de soporte de la región afectada que puede llevar a la proliferación de tejido de granulación, a la pérdida de hueso y de adhesión del tejido periodontal, y en etapas más avanzadas llevan a la pérdida de dientes. La extracción del diente se puede realizar en casos en los que no se puede realizar el tratamiento de la perforación por el difícil acceso al sitio, cuando fracasan los tratamientos anteriores, o cuando el diagnóstico de la perforación se realiza de forma tardía, lo que provoca una destrucción de los tejidos perirradiculares (9,14,17,22).

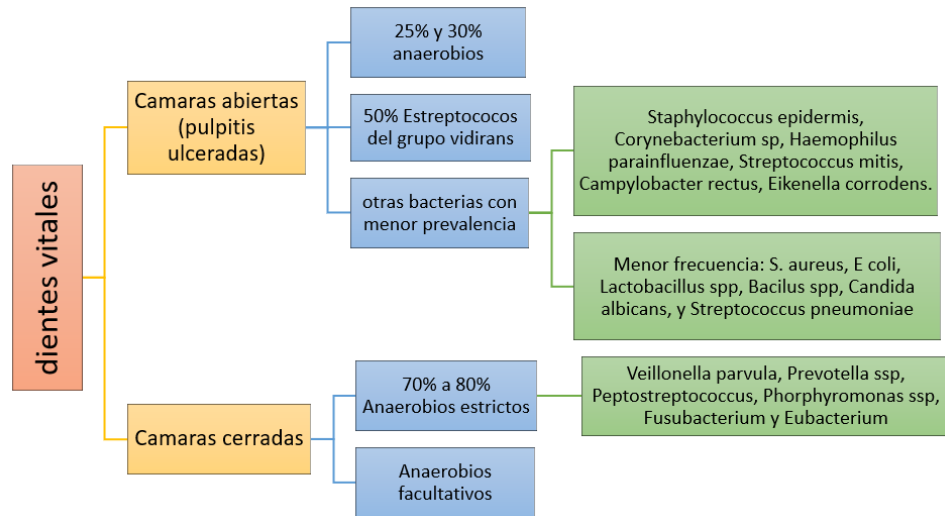
## **4 Capítulo III Microbiología Endodóncica**

### **4.1 Dientes vitales**

Los microorganismos en la cavidad pulpar dependen si la cavidad esta abierta o cerrada, en la localización (coronaria o apical) y por el tiempo.

En las pulpitis totales predominan las bacterias anaerobias facultativas, en las pulpitis purulentas las bacterias anaerobias estrictas (4).

Esquema 3. Microbiología de dientes vitales



Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 Dientes necróticos

En los dientes necrosados se aíslan un promedio de 6 especies bacterianas, en una infección aguda pueden aislarse entre 12 a 15 especies. Los estreptococos viridans, las especies de los géneros Peptostreptococcus, Fusobacterium, Prevotella, Porphyromonas representan el grupo de microorganismos más ampliamente aislados en los conductos infectados. En las necrosis pulpares también se aíslan Mitsoukella dentalis, V. parvula, Actinomyces ssp y Lactobacillus ssp (2,4).

Cuadro 1. Bacterias aerobias y anaerobias en necrosis pulpares

| BACTERIAS AEROBIAS Y ANAEROBIAS<br>FACULTATIVAS AISLADAS<br>EN LAS NECROSIS PULPARES |               |                                  |  |
|--|---------------|----------------------------------|--|
| Forma  | Tinción       | Género                           | Especie  |
| Cocos  | Grampositivas | Streptococcus                    | Mitis<br>milleri<br>oralis<br>intermedius<br>morbilorum<br>constellatus<br>mutans<br>sanguis<br>mitior |
|  |               | Enterococcus                     | faecalis<br>faecium  |
|  |               | Staphylococcus                   | aureus<br>epidermis  |
| Bacilos  | Grampositivos | Corynebacterium<br>Lactobacillus | xerosis<br>catenaforme<br>minutus  |
|  | Gramnegativos | Actinomyces                      | odontolyticus<br>meyeri<br>israelii<br>viscosus  |
| Propionobacterium  |               | acnes<br>propionicus             |  |
| Levaduras  |               | Eikenella                        | corrodens  |
|  |               | Capnocytophaga                   | ochracea   |
|  |               | Actinobacillus                   | spp  |
|  |               | Campylobacter                    | rectus<br>sputorum<br>curvus   |
|  |               | Candida                          | albicans<br>glabrata<br>guilliermondii   |
|  |               | Geotrichum                       | candidum   |

Fuente: Canalda C BE. Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas. 3rd ed. Barcelona: Elsevier; 2014.

Cuadro 2 Bacteria anaerobias en las necrosis pulpares

| BACTERIAS ANAEROBIAS ESTRICTAS AISLADAS EN LAS NECROSIS PULPARES |                          |   |   |
|--|--------------------------|---|---|
| Forma  | Tinción                  | Género  | Especie   |
| Cocos  | Grampositivos            | Peptostreptococcus                                  | micros<br>anaerobius<br>prevotti<br>magnus<br>assacharolyticus<br>spp         |
|  | Gramnegativos            | Peptococcus<br>Vellonella                           | parvula   |
| Bacilos  | Grampositivos            | Eubacterium   | alactolyticum<br>lentum<br>timidum<br>brachy<br>nodatum                       |
|  | Gramnegativos            | Porphyromonas                                       | gingivalis<br>endodontalis  |
|  |                          | Prevotella  | intermedia<br>nigrescens<br>oralis<br>oris<br>buccae<br>melaninogénica<br>ssp |
|  |                          | Misoukella<br>Fusobacteirum                         | nucleatum<br>necrophorum<br>fufiformis<br>varium                              |
|  | Selenomonas<br>Treponema | sutigenia<br>denticola<br>pectinovorum<br>vincentii |   |

Fuente: Canalda C BE. Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas. 3rd ed. Barcelona: Elsevier; 2014.

## **5 Capítulo III Reparación y regeneración**

### **5.1 Reparación**

La reparación (cicatrización), se refiere al restablecimiento de la arquitectura tisular y función de los tejidos lesionados. Permite la recuperación de algunas estructuras originales, pero puede producir alteraciones estructurales.

La reparación de los tejidos dañados se da por 2 tipos de reacciones:

- La regeneración por proliferación de células residuales (no lesionadas)
- La maduración de células madres adultas (tisulares) y el depósito de tejido conjuntivo para formar una cicatriz.

Si los tejidos lesionados no son capaces de restablecerse por completo, la reparación se lleva a cabo por aposición de tejido fibroso, proceso que puede llegar a formar una cicatriz.

### **5.2 Regeneración**

La regeneración se da cuando algunos tejidos son capaces de reemplazar los componentes dañados, recuperando el estado normal. Permite la recuperación completa del tejido dañado o lesionado. La regeneración se produce por proliferación de las células que han sobrevivido a la lesión y que tienen la capacidad de proliferar. Las células madres contribuyen a la regeneración de los tejidos dañados.

Tres niveles de regeneración:

1. Tejidos lábiles: Algunas células lo hacen, se multiplican toda la vida. Entre estas están las células del epitelio superficial.
2. Tejidos estables: Son células que tienen una vida media en años. Como las células de todas las vísceras, células mesenquimatosas como fibroblastos, osteoblastos, células endoteliales y del músculo cardíaco.
3. Tejidos permanentes: Neuronas y células esqueléticas del músculo cardíaco.

La célula más importante de la regeneración es el macrófago porque es el responsable de fagocitar y digerir el tejido muerto. La regeneración sucede sólo si la destrucción no fue muy extensa y el tejido ha conservado en sus células la capacidad de división mitótica (23).

## **6 Capítulo IV Agregado Trióxido Mineral (MTA)**

El agregado trióxido mineral (MTA) fue desarrollado en la Universidad de Loma Linda en 1993 por Lee, Monsef y Torabinejad. Fue aplicado y patentado en 1995 por Torabinejad y White. En 1999 el MTA fue aprobado para el uso en humanos por la Administración de Drogas y Alimento (FDA) y comercializado con el nombre de ProRoot MTA (Dentsply) y MTA Angelus (Brasil). La presentación inicial era de color gris para evitar posibles tinciones, luego se comercializó de color blanco, en el que disminuyeron el óxido férrico (4,16).

### **6.1 Composición**

Principalmente está compuesto por silicato tricálcico, silicato dicálcico, Aluminato férrico tetracálcico, aluminato tricálcico, óxido de bismuto y otros óxidos minerales (4,24).

El MTA se presenta en forma de polvo y agua estéril. El polvo contiene finas partículas hidrofílicas que al hidratarse forman un gel coloidal que fragua y se transforma en una estructura sólida en un periodo de 3-4 horas. Este gel coloidal está compuesto por cristales de óxido cálcico de estructura amorfa con: 33% de calcio, 49% de fosfato, 6% de sílica, 3% de cloruros y 2% de carbón (25).

Cuadro 2. Composición química del MTA

|       |                                |                            |
|-------|--------------------------------|----------------------------|
| 75%   | Silicato tricálcico            |                            |
|       | Aluminato tricálcico           |                            |
|       | Silicato dicálcico             |                            |
|       | Aluminato férrico tetracálcico |                            |
| 20%   | Óxido de Bismuto               |                            |
| 4.4%  | Sulfato de Calcio dihidratado  |                            |
| 0.6 % | Residuos solubles              | Sílica cristalina          |
|       |                                | Óxido de calcio            |
|       |                                | Sulfato de potasio y sodio |

Fuente: Kaur M, Singh H, Dhillon JS, Batra M, Saini M. MTA versus biodentine: Review of literature with a comparative analysis. *J Clin Diagnostic Res.* 2017;11(8):ZG01-5.

## 6.2 Manipulación

El MTA debe prepararse inmediatamente antes de su utilización. El polvo se mezcla con agua estéril en una proporción de 3:1 sobre una loseta de vidrio, espatulándolo durante 30 segundos, con una espátula de plástico o metal, hasta que adquiera una consistencia arenosa. Durante su preparación una vez añadida el agua al polvo, adquiere una consistencia fluida que dificulta su manipulación y su transporte. El MTA debe ser almacenado en contenedores sellados herméticamente y lejos de la humedad (26).

## 6.3 Propiedades Físicas-Químicas

Las características del MTA dependen del tamaño de las partículas, la proporción polvo-agua, temperatura, presencia de humedad y aire atrapado (27).

### 6.3.1 Hidratación

MTA en polvo consiste en finas partículas hidrófilas y cuando se mezcla con agua destilada forman un gel coloidal que se solidifica en una estructura dura



en 3 a 4 horas (9,28). Al endurecer mantiene sus propiedades físico-químicas en presencia de humedad (29). Es hidrofílico, puede utilizarse en presencia de humedad. La hidratación de los tejidos adyacentes actúa como un activador de una reacción química en este material, haciendo que el material se expanda al atrapar agua, obteniéndose una mejor retención del mismo hacia el tejido dentario. (26).

En presencia de sangre en los fluidos hay estudios que dicen: Que el MTA se podría mezclar con sangre para mejorar la inducción que tiene, pero realmente lo que produce es que debilita la estructura por lo tanto su rigidez.

#### 6.3.2 Radiopacidad

El óxido de bismuto es el que le da las propiedades de radiopacidad. La medida de radiopacidad del MTA es de 7,17 mm de lo equivalente al espesor de aluminio. El MTA es más radiopaco que la gutapercha convencional y la dentina, así se puede distinguir fácilmente en las radiografías (26).

#### 6.3.3 PH

El pH del MTA después de mezclarse es de 10.2 y a las 3 horas es de 12.5. Tiene un pH similar al hidróxido de calcio, podría posibilitar efectos antibacterianos, así como inducir la formación de tejido duro (28,30).

La actividad microbiana se da por elevado pH alcalino y por la concentración de iones hidroxilo.

#### 6.3.4 Tiempo de endurecimiento

La hidratación del MTA resulta en un gel coloidal que solidifica en 3 a 4 horas y a los 21 días alcanza su mayor resistencia(14,29).

Para reducir este tiempo se ha intentado eliminar algunos de los componentes del MTA e introducir aceleradores de fraguado. El MTA Ángelus tiene una composición química ligeramente diferente con respecto del MTA originario

ProRoot por contener menos sulfato dicálcico y óxido de bismuto para bajar el tiempo de fraguado (29).

En general a mayor rapidez de fraguado del material, más rápido se contrae. Este fenómeno explica la causa, del porque el MTA filtra menos bacterias, que otros materiales.

#### 6.3.5 Solubilidad

El MTA tiene una solubilidad entre 0.1% y 1.0%. Gracias al que MTA tenga una baja solubilidad en agua, es una característica positiva para poder emplearlo como material de obturación y sellado. La cantidad de agua utilizada en la preparación de la mezcla tiene un efecto directo en la solubilidad del MTA. Va aumentar la solubilidad cuando se incrementa la proporción de agua-polvo (29,30).

#### 6.3.6 Capacidad de sellado

El éxito de un material endodóntico va a depender en gran medida de su capacidad de sellado, previniendo la microfiltración de bacterias. El MTA estimula la formación de cementoblastos y es biocompatible con los tejidos perirradiculares por lo que hace que tenga un buen sellado(9).

El MTA evita la filtración bacteriana y fluidos desde el sistema de conductos hacia los tejidos perirradiculares, es capaz de unirse íntimamente a las paredes dentinarias, se consigue mejor adaptación tanto en seco como en presencia de humedad (14,29).

Su calidad de sellado, es evaluada a través de distintas técnicas como: grado de penetración de colorantes, radioisótopos, bacterias, técnicas de filtración de fluidos (27).

### 6.3.7 Resistencia compresiva

La resistencia compresiva es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. El MTA al ser usado en zonas dentales internas, su resistencia compresiva no es tan importante como en el caso de los materiales dentales que reciben una presión directa o cargas oclusales. La resistencia a la compresión se relaciona con la etapa de hidratación y la presión durante la aplicación del MTA. Tiene una resistencia de 40 y 70 MPa (megapascales) a los 21 días (30,31).

## 6.4 Propiedades Biológicas

### 6.4.1 Actividad antimicrobiana

Esta actividad antimicrobiana se da por el pH alcalino y por la concentración de iones del calcio. Tiene una acción antibacteriana, contra algunas bacterias facultativas, pero no sobre bacterias anaerobios estrictos.

Algunas bacterias facultativas que el MTA tiene acción antimicrobiana: Lactobacillus, Streptococcus mitis, Streptococcus mutans y Streptococcus salivarius. También tiene acción antimicrobiana a los organismos C. albicans Micrococcus luteus, P. aeruginosa, S. aureus y S. epidermidis.

El MTA no evita la proliferación de Enterococcus Faecalis, Staphylococcus aureus, Bacillus Subtilis y E. Coli, u otras bacterias anaeróbicas estrictos. (26,32).

### 6.4.2 Biocompatibilidad

La biocompatibilidad es la capacidad de un material para originar una respuesta adecuada en el huésped. Los estudios sobre la biocompatibilidad del MTA están realizados tanto en vitro y como en vivo y se llevan a cabo mediante pruebas de citotoxicidad en cultivos y pruebas de implantación en animales de experimentación. El MTA es muy biocompatible, ya que conduce

a la regeneración de los tejidos. Tiene efectos antiinflamatorios sobre la pulpa, es cementoinductivo y osteoconductor. (33).

Estimula la formación de cementoblastos y es biocompatible con los tejidos perirradiculares. El MTA permite el crecimiento de cemento directamente sobre el material después de su colocación y neoformación ósea lo cual puede permitir la regeneración del ligamento periodontal (2,9,14,15,29,30).

### **Estudio in vivo**

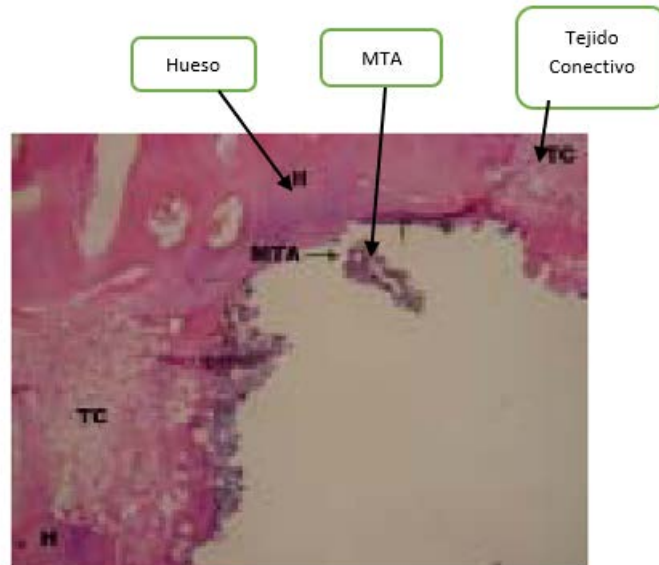
En un estudio in vivo compararon el MTA, el cemento portland y el hidróxido de calcio en el proceso de reparación de perforaciones radiculares en dientes de perros. El grupo experimental fueron 60 premolares en buen estado y sin enfermedad periodontal, de 4 perros. Se utilizaron 15 dientes por cada perro. Las muestras se obtuvieron en 15 y 60 días evaluándolo con un análisis histológico. Para la obtención de las primeras muestras se tuvieron que sacrificar dos perros a los 15 días después y los otros dos a los 60 días. Las muestras tratadas a los quince días con MTA presentaron cuatro casos con proceso inflamatorio crónico sin tejido de granulación y seis casos con reparación de tejidos. Las muestras tratadas con MTA a los sesenta días presentaron un caso con proceso inflamatorio agudo severo, cinco casos con proceso inflamatorio crónico y cuatro casos con proceso de reparación. Como conclusión el MTA tuvo una mejor respuesta en el proceso de reparación de las perforaciones radiculares que el Cemento P y el hidróxido de calcio a los 15 días y una similar respuesta que el CP a los 60 días (34).

Cuadro 3. Resultados del estudio in vivo

|                            | 15 días  | 60 días   |
|----------------------------|--|---|
| <b>Cemento Portland</b>    | 20% de las muestras indujo proceso de reparación | 30 % de las muestras indujo proceso de reparación |
| <b>Hidróxido de Calcio</b> | No indujo proceso de reparación                  | 10% de las muestras indujo proceso de reparación  |
| <b>MTA</b>                 | 60% de las muestras indujo proceso de reparación | 40% de las muestras indujo proceso de reparación  |

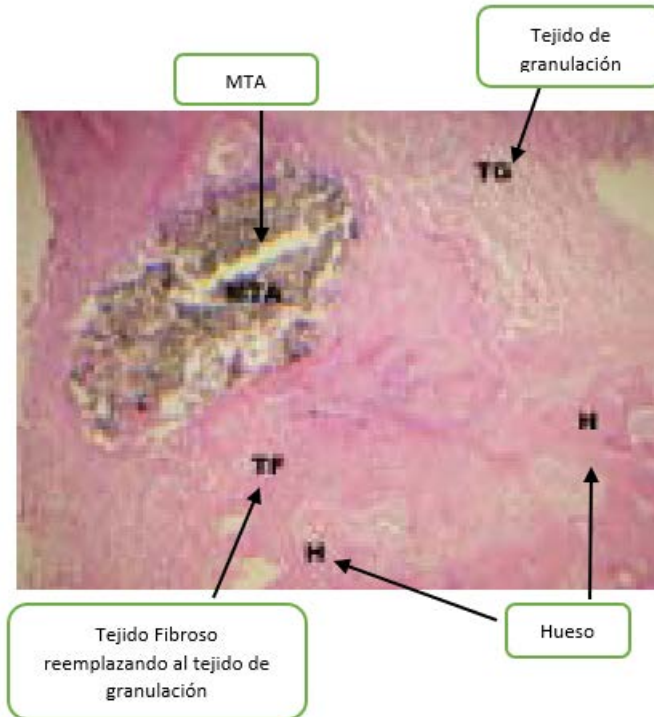
Fuente: Elaboración propia

Imagen 16. Muestra tratada con MTA a los 15 días, con reparación de los tejidos: escasos elementos celulares, edema y ningún tejido de granulación



Fuente: Bedoya-Soria AE, García-Rupaya CR. Efecto del mineral trióxido agregado, cemento portland e hidróxido de calcio en el proceso de reparación de perforaciones radiculares en dientes de Canis familiaris. Revista Estomatológica Herediana. 2014;19(2):103.

Imagen 17. Muestra tratada con MTA a los 60 días, con proceso de reparación: linfocitos, histiocitos, células plasmáticas, fibroblastos y presencia de hueso neoformado inmaduro.



Fuente: Bedoya-Soria AE, García-Rupaya CR. Efecto del mineral trióxido agregado, cemento portland e hidróxido de calcio en el proceso de reparación de perforaciones radiculares en dientes de Canis familiaris. Revista Estomatológica Herediana. 2014;19(2):103.

En otro estudio compararon la respuesta de los tejidos perirradiculares y la regeneración del cemento con tres materiales: amalgama, SuperEBA y MTA en molares y premolares de 7 perros.

Al observar con microscopía de luz a los 5 meses los resultados demostraron que:

- SuperEBA: Hubo una pequeña infiltración de células inflamatorias, que incluía células plasmáticas, linfocitos (LYC), macrófagos (MPH) y en algunos casos leucocitos polimorfonucleares.
- Amalgama: hubo una mayor infiltración de células inflamatorias, siendo estas polimorfonucleares (PMN) y macrófagos (MPH).

- MTA presentó tejido de granulación con fibroblastos (FBL) con una menor infiltración de células inflamatorias, siendo principalmente células plasmáticas, linfocitos y macrófagos. Cemento regenerado sobre el MTA (26).

Imagen 19. SuperEBA

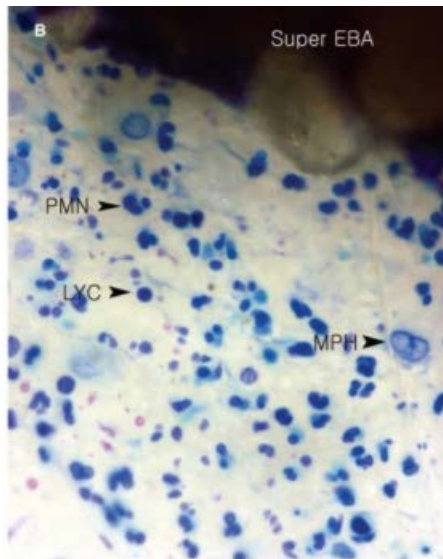


Imagen 18. Amalgam

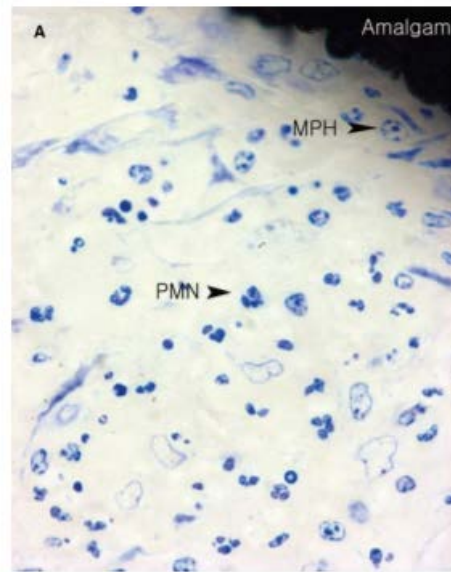
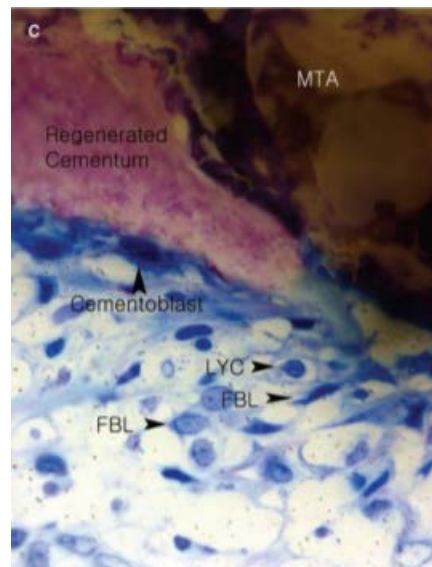


Imagen 20. MTA



Fuente: Iohm K. Propiedades físicas, químicas y biológicas del agregado de trióxido mineral y del cemento de portland Available from: [https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado\\_58.htm](https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_58.htm)

## 6.5 Mecanismo de acción

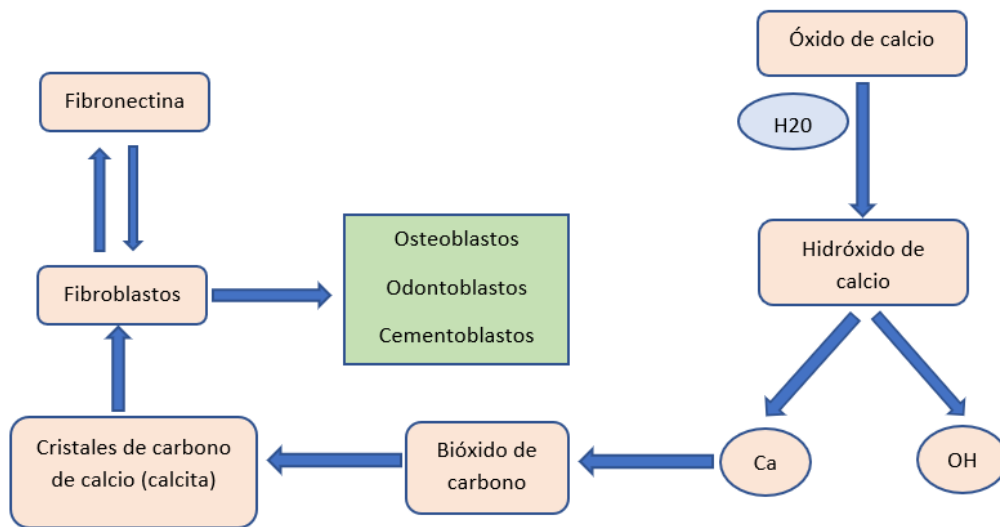
Primero es un óxido de calcio que en presencia de agua, se forma un hidróxido de calcio, este hidróxido de calcio nuevamente en agua (esto va colocado en dentina y hay humedad) va a dar carbonato y este carbonato de calcio va a generar iones de hidróxilo y iones de calcio en donde por el oxígeno que tiene la célula el carbonato que tiene va a dar calcite y luego conforma la fibronectina haciendo que los fibroblastos se pongan en actividad y conformen lo siguiente, básicamente va interactuar en el diente , va interactuar en el hueso, va interactuar en el ligamento periodontal, pone a trabajar , pone a formar odontoblastos, osteoblastos, y cementoblastos.

La fibronectina básicamente va a hacer: Una migración de células tanto pulpares como periodontales que van a formar y a sintetizar colágeno, que es la base fundamental para formar una matriz orgánica, extracelular, hace una diferenciación en los odontoblasto, cementoblasto y osteoblastos. Los odontoblastos dan una formación de un puente dentinario.

El MTA tiene la capacidad de formar hidroxiapatita y producir una adhesión entre la dentina y el material. Los iones de calcio que se liberan pueden reaccionar con los fosfatos presentes en los fluidos y forman hidroxiapatita (4,26,33).

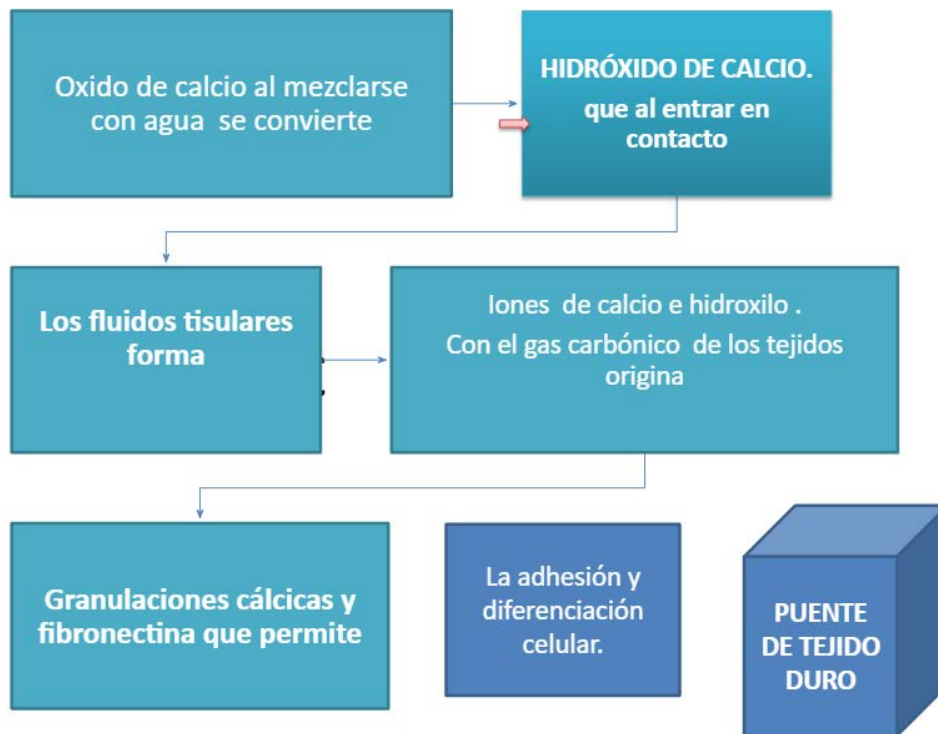


Esquema 4. Mecanismo de acción



Fuente: Brasil K, Franceschi C de, Santangelo M. Uso del Pro Root(TM) MTA en perforaciones dentarias. Rev Fac Odontol. 2009

Esquema 5 Mecanismo de acción



Elaborado: Mtra Felicitas Gabriela Fuentes Mora

## 6.6 Indicaciones

- Reparación de perforaciones radiculares.
- Obturación retrógrada en las apicectomías
- Barrera o tapón apical (Apicoformaciones)
- Sellador coronal.
- Recubrimientos pulpaes y pulpotomías.
- Reparación en una fractura vertical.
- Material de barrera coronaria en blanqueamientos (4,28,31,35,36).

Cuadro 4 Artículos consultados

| AUTOR                                    | TÍTULO   | REVISTA  | AÑO  | TIPO DE ESTUDIO           | RESULTADOS  |
|--|--|--|------|---------------------------|---|
| Brasil K, Francesc hi C y Santange lo M. | Uso del pro Root MTA en perforaciones radiculares  | Revista de la Facultad de Odontología (UBA)            | 2009 | Revisión bibliográfica    | El MTA es un buen material para sellar las perforaciones gracias a sus propiedades físicas y biológicas. Sus desventajas que tiene es su viscosidad y su estética.  |
| Mente J.                                 | Agregado trióxido mineral: indicaciones y descripción de la aplicación clínica práctica por medio de ejemplos clínicos | Quintessence: Publicación internacional de odontología | 2010 | Estudio de casos clínicos | La utilización correcta de otras herramientas de diagnóstico como las lupas y el microscopio y el empleo de un material biocompatible que favorece a la regeneración tisular (MTA) permite tener un éxito en el tratamiento. Los casos clínicos descritos demuestran que las perforaciones extensas y las reabsorciones se pueden tratar con ayuda del MTA con muy buenos resultados. |

|                               |   |  |             |                                  |   |
|-------------------------------|---|--|-------------|----------------------------------|---|
| <i>Pineda M y col.</i>        | <i>Uso clínico del agregado de trióxido mineral en el tratamiento de lesiones periapicales y perforaciones</i>  | <i>Odontología<br/>Sanmarquina</i>                   | <i>2014</i> | <i>Estudio de casos clínicos</i> | <i>Debido a los componentes del MTA, estimuló el proceso de cicatrización y reparación de los tejidos perirradiculares en la reparación de una perforación radicular.</i>   |
| <i>Beyoda E, García C</i>     | <i>Efecto del mineral trióxido agregado, cemento portland e hidróxido de calcio en el proceso de reparación de perforaciones radiculares en dientes de Canis familiaris</i> | <i>Revista Estomatológica Herediana</i>              | <i>2014</i> | <i>Estudio in vivo</i>           | <i>El MTA tuvo una mejor respuesta en el proceso de reparación de las perforaciones radiculares que el Cemento P y el Ca(OH)<sub>2</sub> a los 15 días y una similar respuesta que el CP a los 60 días.</i>   |
| <i>Pinto L y Salles Luisa</i> | <i>Abordaje y resolución exitosa de perforaciones radiculares: 3 experiencias clínicas.</i>   | <i>Revista de la Sociedad de Endodoncia de Chile</i> | <i>2015</i> | <i>Estudio de casos clínicos</i> | <i>El MTA sigue siendo el material con mayor respaldo científico para el tratamiento de perforaciones radiculares y es, por tanto, el material de elección para el sellado de perforaciones radiculares.</i><br><br><i>Los casos clínicos tuvieron reparación de los tejidos periapicales.</i>          |
| <i>Kaur M y cols.</i>         | <i>MTA versus Biodentine: Review of Literature with a Comparative Analysis</i>  | <i>Journal of Clinical and Diagnostic Research.</i>  | <i>2017</i> | <i>Revisión literaria</i>        | <i>Las desventajas que tiene el MTA es su difícil manipulación, su tiempo de fraguado lento y su alto costo. Se introdujo el Biodentine para mejorar esas características, pero debido a la falta de estudios observacionales a largo plazo, no se puede saber si el Biodentine es superior al MTA.</i> |

|   |   |  |             |                                   |  |
|---|---|--|-------------|-----------------------------------|--|
| <i>Claus Camilla M, Pérez Alfayate R, Antoranz Pereda A</i> | <i>MTA como material de sellado en cirugía endodóntica</i>  | <i>Científica Dental</i>                         | <i>2017</i> | <i>Revisión literaria</i>         | <i>Sus principales ventajas del MTA es que es hidrofílico, su alto grado de biocompatibilidad y regeneración tisular, así como su capacidad de sellado</i>   |
| <i>Soares J y cols.</i>                                     | <i>Empleo del MTA en la obturación de perforaciones radiculares de origen iatrogénico</i>                                 | <i>Revista Asociación Odontológica Argentina</i> | <i>2018</i> | <i>Casos clínicos y controles</i> | <i>El MTA resultó un material de obturación válido para el tratamiento de las perforaciones radiculares, pues permite la reparación de los tejidos perirradiculares comprometidos.</i><br><br><i>En los 5 casos estudiados se observó reparación de los tejidos perirradiculares</i> |
| <i>Benavides S, Guallo A y Carrillo Y</i>                   | <i>Capacidad de sellado de biodentina y el agregado de trióxido mineral MTA en la reparación de perforación de furca.</i> | <i>KIRU</i>                                      | <i>2018</i> | <i>Revisión literaria</i>         | <i>Biodentine tiene mejor capacidad de sellado de perforación de furca que el MTA.</i>   |
| <i>Llanos M</i>   | <i>Evolución de los cementos biocerámicos en endodoncia</i>   | <i>Conocimiento para el desarrollo</i>           | <i>2019</i> | <i>Revisión literaria</i>         | <i>Los biocerámicos son materiales bioactivos, basados en silicato tricálcico., tienen capacidad de fraguado en presencia de líquidos y/o fluidos. Y tienen éxito a largo plazo</i>  |

|                    |  |               |      |                 |   |
|--------------------|--|---------------|------|-----------------|---|
| Véliz V y Tapia P. | Resistencia a la tracción de postes de fibra de vidrio cementados en dientes con perforaciones radiculares selladas con Biodentine ® y Proroot ® Mta | Canal Abierto | 2019 | Estudio in vivo | La resistencia a la tracción en postes de fibra de vidrio cementados en dientes con perforaciones reparadas con Biodentine es significativamente mayor que en aquellos reparados con ProRoot MTA. |
|--------------------|--|---------------|------|-----------------|---|

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5. Estudios realizados del MTA

| Estudios Realizados sobre el MTA en perforaciones radiculares |  |  |
|---|--|--|
|   | Estudios   | Conclusiones   |
| 1993 Lee y col  | Realizaron un estudio para comparar la capacidad de sellado del MTA, amalgama e IRM, en perforaciones laterales inducidas experimentalmente. | El MTA tuvo significativamente menos filtración que la amalgama y el IRM   |
| 1993 Torabinejad y col  | Evaluaron la capacidad marginal de MTA, Super EBA y amalgama   | Encontraron que excepto para las muestras de MTA, la mayoría de las raíces seccionadas longitudinalmente mostraron la presencia de brechas y vacío entre el material y las paredes dentarias |
| 1993 Pitt Ford y col  | Realizaron un estudio histológico en perforaciones en furca de dientes extraídos de perro  | El MTA produjo reparación de cemento sobre el material.  |
| 1994 Hong y col   | Realizaron un estudio histológico de la respuesta tisular de las perforaciones de la furca reparadas con amalgama y MTA                      | El MTA se puede utilizar para reparar las perforaciones de las furcas, como un material alternativo a la amalgama.   |
| 1994 Torabinejad y col.                                       | Realizaron un estudio donde comparan la cantidad de filtración del colorante en presencia y  | La filtración en el MTA es significativamente menor que en los otros materiales  |

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
|                         | ausencia de sangre. MTA, Super EBA y amalgama   |   |
| 1995 Torabinejad y col  | Hicieron un estudio in vivo   | El MTA en contacto con los tejidos es capaz de promover regeneración pulpar y de los tejidos perirradiculares   |
| 1995 Pitt Ford y col.   | Analizaron la respuesta histológica de la amalgama y el MTA, cuando se utiliza como material de obturación de las perforaciones.  | Muestran que en los dientes reparados inmediatamente con MTA, se demostró ausencia de inflamación y la formación de cemento en cinco de seis dientes; mientras que los reparados con amalgama originan inflamación  |
| 1995 Torabinejad y col. | Estudiaron la citotoxicidad del MTA, amalgama, Super EBA e IRM en contacto con células perirradiculares de ratas  | El MTA fue el menos citotóxico seguido de la amalgama, Super EBA e IRM.   |
| 1996 Torabinejad y col  | Describieron las propiedades fisicoquímicas del MTA   | Las propiedades del MTA son adecuadas para reparación de perforaciones radiculares y con una excelente biocompatibilidad y propiedades de adaptación marginales   |
| 1998 Nakata y col       | Compararon la capacidad de sellado de MTA y la amalgama para el tratamiento de perforaciones de furcación en dientes humanos extraídos utilizando un modelo experimental de infiltración de bacterias anaerobias. | Los resultados obtenidos mostraron una infiltración bacteriana inferior con el uso de MTA.<br><br>Demostró que el MTA es más efectivo que la amalgama para prevenir la filtración de Fusubacterium nucleatum cuando se utiliza en la reparación de furcación. |
| 1998 Koh y col          | Examinaron la producción de células óseas y de citoquinas cuando es colocado MTA o IRM alternativamente sobre tejido óseo   | El MTA estimula la producción de osteoblastos y citoquinas.   |

|                        |  |   |
|------------------------|--|---|
| 1998 Sluyk y col       | Evalúa las propiedades de sellado y retención del MTA cuando este es utilizado como material de reparación de furcación  | se evidenció que el MTA muestra una alta resistencia al desplazamiento a las 72 horas de haber sido colocado, resistencia esta significativamente mayor que la mostrada a las 24 horas de su colocación.                    |
| 2001 Kohen y Zmener    | Estudiaron sus posibilidades de uso del MTA en endodencia  | El MTA en contacto con los tejidos es capaz de promover regeneración pulpar y de los tejidos perirradiculares, así pudiendo utilizar en perforaciones   |
| 2002 Tang y col        | comparó la capacidad de sellado de MTA, IRM, Super EBA y amalgama través de un diodo, utilizando endotoxinas   | Los resultados demostraron la mejor capacidad de sellado del MTA  |
| 2002 Daoudi y Saunders | evaluaron in Vitro el efecto del uso del microscopio operatorio en el sellado de perforaciones de furca utilizando MTA y ionómero de vidrio  | Los resultados demostraron que el MTA mostró menos filtración en comparación con el ionómero, aunque el microscopio fue de una buena ayuda para el sellado, no tuvo ningún efecto sobre el resultado de la reparación.      |
| 2004 Hardy y cols.     | Realizaron un estudio in vitro en el que utilizaron un sistema de filtración de fluidos en perforaciones de furca, permitieron que el MTA fraguara por si mismo sin colocar algodón húmedo sobre él. | Si se le deja el tiempo suficiente para que fragüe, el MTA por si solo es suficiente para reparar perforaciones de furca, va adquirir humedad a través del ligamento periodontal y los espacios de la médula ósea del hueso |
| 2004 Main y cols.      | Evaluaron el éxito de perforaciones radiculares localizadas en cualquier nivel y se repararon con MTA  | Después de un año de reparada la perforación, todos los dientes habían curado completamente. Concluyeron que el MTA es el material ideal para reparar cualquier tipo de perforación radicular.                              |
| 2005 Baek y cols       | Compararon la respuesta de los tejidos perirradiculares y la regeneración del cemento  | El MTA tuvo la mejor respuesta en los tejidos, con una menor infiltración de células  |

|                    |   |  |
|--------------------|---|--|
|                    | con tres materiales: inflamatorias y formación de amalgama, SuperEBA y cemento sobre el MTA MTA                       |  |
| 2007 Nandini y col | Estudiaron la influencia de la colocación de un ionómero de vidrio sobre el MTA a los 45 minutos de haberse mezclado. | El ionómero no afecta al fraguado del mismo y se forman sales de calcio en la interfase entre los dos materiales.  |
| 2008 Pace y col    | Analizaron por 5 años, 10 tratamientos de perforaciones en furca que se sellaron con MTA                              | Observaron una buena evolución en 9 de ellos, con curación de los tejidos perirradiculares   |
| 2014 Mente y col   | Evaluaron el tratamiento de 64 perforaciones ubicadas en diferentes zonas, obturadas con MTA                          | Observaron que el 86% se repararon luego de los controles a distancia. Señalan que el MTA presenta un buen sellado de las perforaciones independientemente de la localización. |

Fuente: Elaboración propia

## 7 Capítulo V Aplicación del MTA en perforaciones

### 7.1 Vía no quirúrgica (intracoronaria)

Si la perforación se va a reparar sin cirugía a través del diente, se debe preparar un acceso coronorradicular.

Perforaciones que se localizan en la zona de la cresta ósea, por debajo de ella o en la zona de la furca se pueden considerar estos puntos:

1. Anestesiarse y Aislar
2. Limpieza de la perforación: Todo material o tejidos presentes deben quitarse. Se puede limpiar con curetas, ultrasonido o instrumentos rotatorios. Se puede irrigar con hipoclorito de sodio pero si la perforación es muy grande se debe utilizar suero para evitar la sobreextensión del hipoclorito.
3. Control de hemorragia: Si durante o después de la limpieza se produce una hemorragia, se debe controlar con bolitas de algodón estéril



humedecidas con suero fisiológico haciendo presión por unos minutos. También se puede aplicar una pequeña cantidad de hemostático, como adrenalina en una bolita de algodón. Evitando el uso de hemostáticos más potentes que puedan provocar daños. Si no se controla la hemorragia se puede colocar en la cámara pulpar hidróxido de calcio y colocar una obturación provisional y citar al paciente 24 o 48 hrs después.

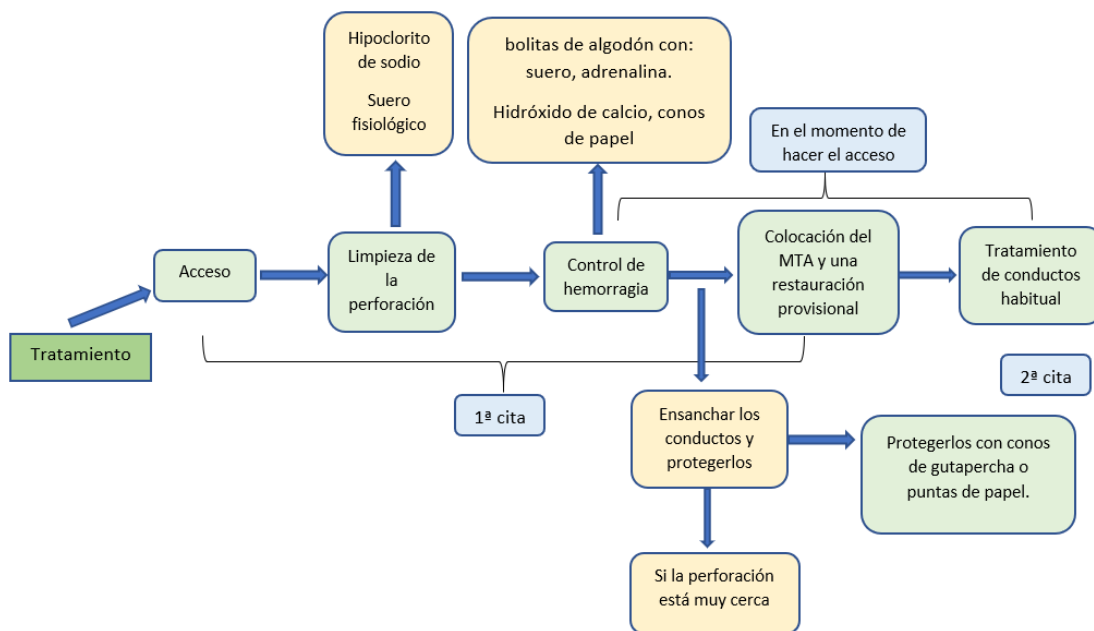
4. Localización de conductos y la perforación: Se pueden localizar los conductos radiculares antes e instrumentarlos, para crear una forma coronal suficiente y así evitar el bloqueo de ellos. También se puede colocar algún material que se retire fácilmente sobre la entrada los conductos para impedir que el MTA bloquee la entrada, se pueden proteger con algodón, conos de gutapercha o puntas de papel.
5. Se prepara el MTA y con la ayuda de un transportador de amalgama o jeringa pequeña, llevar cantidades pequeñas de material a la perforación. Con una bolita de algodón estéril humedecida con suero fisiológico presionar el material contra la perforación. Repetir la aplicación del material hasta cubrir toda el área de la perforación.
6. Cuando se haya colocado el MTA, se coloca una bolita de algodón con suero fisiológico o agua destilada para hidratar al material, y se sella el diente con una restauración provisional para permitir que el MTA fragüe. Se puede cubrir el MTA con ionómero de vidrio de fraguo rápido, así evitar que el MTA se desplace.
7. A la siguiente cita retirar la restauración y la bolita de algodón. Ya se puede realizar el tratamiento de conductos habitual.

El protocolo de las perforaciones localizadas en el conducto radicular es similar al protocolo de las perforaciones de furca:

1. Se localiza la perforación introduciendo puntas de papel
2. Limpieza adecuada y hemostasia

3. Después de localizar la perforación se retoma el sistema de conducto radicular verificando que los instrumentos se encuentren dentro del mismo conducto, ensanchando el conducto para poder sellar la perforación
4. Sellado de la perforación con MTA. Para rellenar la perforación se puede utilizar jeringas con agujas de diferentes calibres (2,17,19,37).

Esquema 6. Tratamiento no quirúrgico de las perforaciones en furca



Fuente: Elaboración propia

### 7.1.1 Casos clínicos

#### Caso 1

Paciente masculino de 69 años con perforación en la pared mesial de la raíz mesial del diente 47 y perforación de la pared distal de la raíz mesial del diente 46. Clínicamente, el paciente no tenía signos ni síntomas de infección y el diente 46 estaba sin corona protésica.

El OD 47 presentaba una perforación grande y como consecuencia una pérdida de estructura dentaria y se indicó la extracción. El OD 46 presentaba una perforación de tamaño medio y se decidió reparar la perforación.

*Imagen 23. Radiografía inicial*



*Imagen 22. Clínicamente*



*Imagen 21. Perforación del OD 46*



*Fuente: Fuente: Revista de la Sociedad de Endodoncia de Chile N° 32 Octubre 2015.*

1. Se desobtuvo el conducto, se limpió, se conformó y se desinfectó los conductos. La irrigación durante la preparación se realizó con hipoclorito de sodio al 2,5% y la irrigación final fue de EDTA al 17%.
2. Después de la conformación, la perforación y el sistema de conductos radiculares fueron medicados por 10 días con hidróxido de calcio.
3. Después de 10 días se irrigó de nuevo con hipoclorito de sodio y EDTA.
4. Se secaron los conductos y se obturaron.
5. Después de la obturación endodóntica, la perforación se selló con MTA.
6. El paciente fue remitido para la extracción del diente 47 y la rehabilitación protésica del diente 46 (17).

*Imagen 24. Conductos limpios y conformados*



*Imagen 25. Conductos obturados y sellada la perforación con MTA*



*Imagen 26 Radiografía final*



*Fuente: Fuente: Revista de la Sociedad de Endodoncia de Chile N° 32 Octubre 2015.*

## Caso 2

Paciente de 45 años de edad, radiográficamente y clínicamente en el diente 46 se observó un tratamiento endodóntico deficiente con perforación iatrogénica del piso de la cámara pulpar. Se realizó el sellado de la perforación con MTA. El control radiográfico un año luego del tratamiento muestra normalidad radiográfica del área perirradicular.

Imagen 27. A. Radiografía inicial, B. Perforación en la cavidad pulpar, C. Rx postoperatoria, después del sellado y obturación y D. Imagen 20 Radiografía control 1 año después



Fuente: Empleo del MTA en la obturación de perforaciones radiculares de origen iatrogénico. Rev Asoc Odontol Argent. 2018

## 7.2 Vía quirúrgica

En los casos donde la perforación se encuentre más profundamente y más alejada de la cavidad de acceso es importante aumentar la visión creando un acceso directo de forma quirúrgica. Se eleva un colgajo y se expone la perforación a través de una ventana ósea. Se debe remover todo el tejido de granulación y los tejidos infectados.

En perforaciones en tercio medio: El campo quirúrgico se limpia y se seca, el conducto se instrumenta y se obtura. El material de obturación se elimina apical a la lesión a tratar. El MTA se empaca dentro de la perforación. Se puede rellenar el defecto óseo con un xenoinjerto recubriéndolo con una membrana de colágeno (regeneración ósea guiada), conservando la pieza dental implicada. Se sutura el colgajo y se coloca dentro del conducto una bolita de algodón y se coloca una obturación provisional. Una semana después, se quita la obturación provisional y el algodón y se obtura el resto del conducto

La perforación se podrá sellar y repararse durante la obturación del conducto; si la perforación es grande y existe humedad o si no se puede secar el

conducto, se debe reparar primero y ya después obturar el conducto. Lo mejor es que el conducto ya esté preparado antes de la reparación porque así facilita el acceso a la perforación. Para prevenir la obstrucción del conducto durante la reparación, se puede colocar una punta de gutapercha dentro del conducto.

En una perforación en el tercio apical se puede realizar una apicectomía con obturación retrograda. El MTA se debe colocar para formar un tapón apical de tres a cinco milímetros. Después de llevar el MTA a la perforación se coloca una punta de papel y se sella la perforación con un material provisional. En la siguiente cita se obtura el resto del conducto (10,12,19).

#### 7.2.1 Casos clínico

Paciente de 35 años de edad, de sexo femenino que acude a la Clínica de la Especialidad de Periodoncia e Implantología de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann (Tacna - Perú) en mayo del 2017.

Al examen intraoral se observa una restauración defectuosa en el diente 12 con leve inflamación gingival y presencia de un tracto sinusal a nivel de la encía adherida vestibular, la paciente refiere que aproximadamente un año antes había recibido un tratamiento endodóntico con colocación de un endoposte intrarradicular.

Al examen radiográfico se observó un área radiolúcida con un absceso (10).

Imagen 28. Tracto sinusal del OD 12

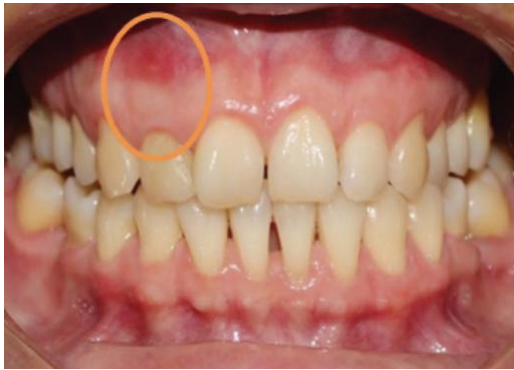


Imagen 29. Radiografía inicial



Fuente: Andrea G, Baldarrago V. Caso Clínico Uso Clínico Del Agregado De Trióxido Mineral ( Mta )  
En El Tratamiento De Lesiones Radiculares

El tratamiento se dividió en Fases:

- Fase 1: sellado de la perforación radicular con MTA por vía quirúrgica
- Fase 2: curetaje periapical y apicectomía del diente 12.
- Fase 3: obturación retrógrada del conducto apical con MTA.
- Fase 4: relleno del defecto óseo con un xenoinjerto recubriéndolo con una membrana de colágeno (regeneración ósea guiada).

Procedimiento quirúrgico

Se realizó un tipo colgajo triangular.

Se encontró la perforación en la pared vestibular de la raíz (tercio medio), que no era visible radiográficamente. Se realizó el desgaste con una fresa redonda diamantada en el extremo apical del perno y se selló la perforación con MTA.

Se realizó la osteotomía o eliminación del tejido óseo remanente alrededor del ápice y se irrigó con suero fisiológico. Posteriormente, se realizó un curetaje apical y raspado del cemento apical.

Se hizo la apicectomía una fresa redonda de carburo de tungsteno, se lavó la cavidad con gasas húmeda. La obturación retrógrada se uso el MTA. Al final se colocó un injerto óseo bovino cubierto por una membrana reabsorbible con

el fin de conseguir una mejor regeneración ósea con puntos aislados de ácido poliglicólico 4-0.

Seguimiento: A los 6 meses después del tratamiento, se le tomó una radiografía al paciente y se observó una reparación ósea.

*Imagen 30 Rx control a 6 meses*



*Fuente: Andrea G, Baldárrago V. Caso Clínico Uso Clínico Del Agregado De Trióxido Mineral ( Mta ) En El Tratamiento De Lesiones Radiculares*

## 8 Capítulo VI Biocerámicos

Los biocerámicos de acuerdo a su presentación, se encuentran en dos fases: una que deben ser mezcladas (polvo - líquido) o en una fase pre- mezclada (35).

*Cuadro 6 Biocerámicos Bifásicos (polvo líquido)*

| Marca comercial  | Empresa                              | Tiempo de fraguado | Tiempo de trabajo | Vehículo | Radiopacificador | Tinción |
|------------------|--------------------------------------|--------------------|-------------------|----------|------------------|---------|
| ProRoot Mta gris | Dentsply, Tulsa Dental, Johnson, USA | 5 minutos          | 4 horas           | Agua     | Óxido de bismuto | Si      |



|                    |  |            |                 |   |                     |    |
|--------------------|--|------------|-----------------|---|---------------------|----|
| ProRoot Mta Blanco | Dentsply, Tulsa Dental, Johnson, USA     | 5 minutos  | 4 horas         | Agua  | Óxido de bismuto    | Si |
| MTA Angelus Gris   | Angelus Londrina PR, Brasil              | 10 minutos | 80 minutos      | Agua  | Óxido de bismuto    | Si |
| MTA Angelus Blanco | Angelus Londrina PR, Brasil              | 10 minutos | 80 minutos      | Agua  | Óxido de bismuto    | Si |
| MTA Angelus HP     | Angelus Londrina PR, Brasil              | 5 minutos  | 15 minutos      | Agua y plastificante  | Tungstato de calcio | No |
| Endo-S MTAFlow     | Ultradent, South Jordan, Utah, USA       | 15 minutos | Sin información | Gel soluble en agua a base de silicona                            | Trióxido de bismuto | Sí |
| Biodentine         | Septodont Saint-Maur-des-Fossés, Francia | 6 minutos  | 9 minutos       | Solución acuosa de cloruro de calcio y policarboxilato modificado | Óxido de Zirconio   | No |
| Bioroot RCS        | Septodont Saint-Maur-des-Fossés, Francia | 10 minutos | 4 horas         | Solución acuosa de cloruro de calcio y policarboxilato            | Óxido de Zirconio   | No |
| MTA CPM            | EGEO SRL, Buenos Aires, Argentina        | 15 minutos | 27 minutos      | Solución salina y cloruro de calcio                               | Sin información     | Si |

*Espinoza F, Lizana A. Biocerámicos en odontología , una revisión de literatura. Canal abierto. 2020;41:14–21.*

Cuadro 7 Biocerámicos Premezclados

| Marca comercial                          | Empresa  | Tiempo de fraguado | Tiempo de trabajo | Radiopacificador     | Tinción |
|--|--|--------------------|-------------------|----------------------|---------|
| TotalFill<br>BC Sealel                   | FK Dentaire<br>SA La<br>Chaux-<br>de.fonds,<br>Suiza | 4 horas            | 4 horas           | Óxido de<br>zirconio | No      |
| TotalFill<br>BC RRM<br>Paste             | FK Dentaire<br>SA La<br>Chaux-<br>de.fonds,<br>Suiza | 2 horas            | 30<br>minutos     | Óxido de<br>zirconio | No      |
| TotalFill<br>BC RRM<br>Putty             | FK Dentaire<br>SA La<br>Chaux-<br>de.fonds,<br>Suiza | 2 horas            | 30<br>minutos     | Óxido de<br>zirconio | No      |
| TotalFill<br>BC RRM<br>Fast Set<br>Putty | FK Dentaire<br>SA La<br>Chaux-<br>de.fonds,<br>Suiza | 20<br>minutos      | 20<br>minutos     | Óxido de<br>zirconio | No      |
| Bio-C<br>sealer                          | Angelus<br>Londrina<br>PR, Brasil                    | 120<br>minutos     | 60<br>minutos     | Óxido de<br>zirconio | No      |

Espinoza F, Lizana A. Biocerámicos en odontología , una revisión de literatura. Canal abierto. 2020;41:14–21.

## Biocerámicos un derivado de

a) Cemento Portland (MTA Angelus gris/blanco)

b) Variante a Pro Root original aquí empiezan a variar componentes variaciones con cada uno de los silicatos tricálcicos y de óxido de bismuto y también alteran el tiempo en que este material puede fraguar (tiempo de fraguado es de 50 minutos).

c) Cemento NEO MTA puro por lo tanto es bioactivo, no tóxico, fácil de manipular principal uso en pediatría (pasta parecida su consistencia al IRM)

d) Derivados de los silicatos cálcicos

Reemplazan óxido de bismuto por óxido de zirconio (el cual hace que estos materiales no pigmenten tanto el diente)

- BIODENTINE (Silicato Tricálcico, Carbonato de calcio, Oxido de Zirconio, Cloruro de calcio actúa como un acelerador lo cual hace que el tiempo de fraguado de este material sea de 10 a 12 minutos. Sustituto de dentina por lo tanto se puede emplear como un material restaurador, reparador o de recubrimiento.
- Biodentine y BioRoot RCS, de Septodo, EndoSequence.

Estos biocerámicos que se derivan de los silicatos tricálcicos puros tienen la característica de que van a estar produciendo constantemente:

- hidróxido de calcio desde su colocación hasta días después
- van a presentar como característica que tienen una mayor resistencia a la compresión
- se van a manipular de manera distinta
- vamos a ver que ya empiezan a aparecer en presentaciones de cápsula en las cuales nosotros tenemos que colocar algún líquido y llevarlo a un amalgamado o incluso que ya vienen en forma de pasta, o incluso ya vienen en presentación inyectable.

Podemos ver como se transforman los materiales a diferentes pH y a diferentes biocerámicos, vemos como se empiezan a conformar las estructuras. Nosotros aquí en estas imágenes podemos ver como el MTA recién colocado en un medio donde el pH es a 5.4 y también aquí podemos ver cuando el pH es modificado a 7.4 como se empiezan a formar ciertas laminillas (38).

Imagen 31 MTA

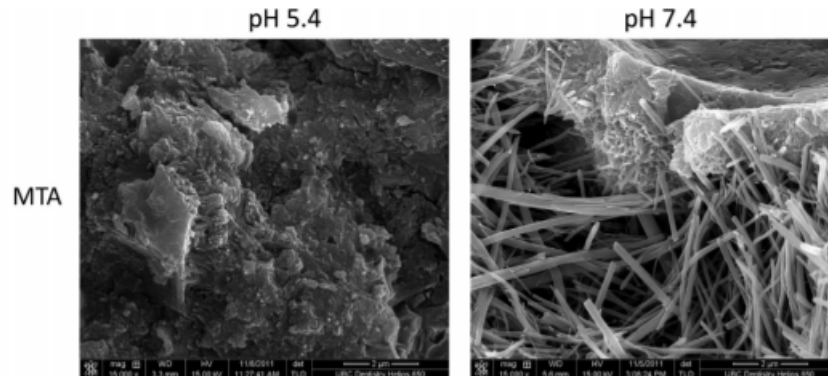
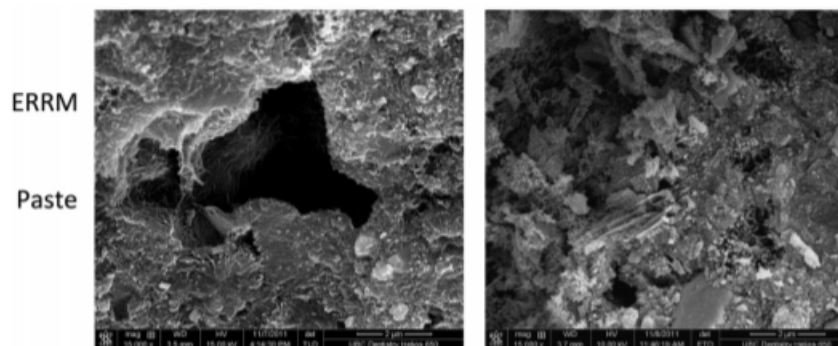


Imagen 32 Endosequence



Wang Z. Bioceramic materials in endodontics. *Endod Top.* 2015;32(1):3–30.

Aquí vemos otro biocerámico que es el EndoSequence: Que es en presentación de pasta y esta tiene una consistencia no tan fluida ni tampoco tan rígida y también podemos ver como se empiezan a formar los cristales también el EndoSequence en forma de pasta lo podemos observar como empieza a formar los cristales a diferentes pH y después de 7 días al ver que con el tiempo se empiezan a formar estos cristales nosotros podemos ver que hay realmente una garantía que se está sellando un espacio en el cual nosotros no queremos que haya paso de bacterias (38).

## 9 Conclusiones

Las propiedades físicas del MTA para el sellado de una perforación radicular se fundamentan en su biocompatibilidad y su capacidad de sellado marginal, el cual evita la microfiltración bacteriana y favorece la cicatrización y la reparación de los tejidos de soporte afectados, su mecanismo de acción con base al óxido de calcio al mezclarse con agua se convierte en hidróxido de calcio que al entrar en contacto con los fluidos tisulares forma iones de calcio e hidroxilo con el gas carbónico de los tejidos origina granulaciones cálcicas y fibronectina que permite la adhesión y diferenciación celular. La fibronectina básicamente va a permitir una migración de células tanto pulpares como periodontales que van a formar y sintetizar colágeno, que es la base fundamental para formar una matriz orgánica extracelular, hace una diferenciación en los cementoblastos, osteoblasto y odontoblastos (puente dentinario).

La utilización de herramientas actuales como el microscopio, localizador de ápices y el cono beam ayudan a tener un mejor diagnóstico y tratamiento de las perforaciones radiculares, mejorando el pronóstico de los tratamientos.

Diversos estudios histológicos que se han realizado del MTA desde 1993 hasta la actualidad confirman que es un material biocompatible. En 1995 Pitt Ford y col. en un estudio "in vivo" analizaron la respuesta histológica de la amalgama y el MTA en perforaciones, demostraron que la amalgama originaba inflamación en los tejidos perirradiculares; mientras que el MTA en contacto con los tejidos es capaz de promover regeneración de los tejidos perirradiculares, y formación de cemento. Este hallazgo fue corroborado en 2001 por Kohen y Zmener. Otro estudio realizado en 2015 por Baek y col. compararon la respuesta de los tejidos perirradiculares y la regeneración del cemento con tres materiales: amalgama, SuperEBA y MTA, demostraron que

el MTA tuvo la mejor respuesta en los tejidos, con una menor infiltración de células inflamatorias y tuvo formación de cemento sobre el MTA.

En 2008 Pace y col analizaron por 5 años, 10 tratamientos en furca que se sellaron con MTA y observaron una buena evolución en 9 de ellos, con reparación de los tejidos perirradiculares.

Las desventajas que tiene el MTA es el tiempo prolongado para su fraguado, su alto costo y su difícil manipulación. Recientemente se han introducido nuevas presentaciones como el MTA Repair HP, NeoMTA, donde añaden aceleradores para acelerar el fraguado y tener una mejor manipulación. También se han introducido en el mercado el Biodentine, para mejorar las propiedades del MTA, reduciendo el tiempo de trabajo, tener menor filtración de bacterias, así como reducir el costo. Las primeras investigaciones del Biodentine han arrojado que es un material prometedor, pero se necesita más apoyo científico para demostrar la superioridad sobre el MTA.

El MTA sigue siendo el material con mayor respaldo científico para el tratamiento de perforaciones radiculares y es, por tanto, el material de elección para el sellado de las perforaciones.

## **10 Referencias Bibliográficas**

1. Gómez de Ferraris Campo M. Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental. Ciudad de México: Médica Panamerica; 2019.
2. Hargreaves K, Berman L CS. Cohen Vías de la Pulpa. 10th ed. Madrid: Elsevier; 2011.
3. Lindhe J, Karring T AM. Anatomía de los tejidos periodontales. In: Periodontología Clínica e Implantología Odontológica [Internet]. Buenos Aires: Médica Panamerica; 2017. [cited 2021 Jan 10] Available from: [http://bibliotecas.unr.edu.ar/muestra/medica\\_panamericana/9789500615594.pdf?fbclid=IwAR19YCpoTGhyMUs4uuLqEw6f\\_8SwSSBcFzrBxtQMEnbTZRNkr8GCsicdVpl](http://bibliotecas.unr.edu.ar/muestra/medica_panamericana/9789500615594.pdf?fbclid=IwAR19YCpoTGhyMUs4uuLqEw6f_8SwSSBcFzrBxtQMEnbTZRNkr8GCsicdVpl)
4. Canalda C BE. Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas. 3rd ed. Barcelona: Elsevier; 2014.
5. Rivas R. Embriología, histología fisiología pulpar [Internet]. FES Iztacala.

- 2013 [cited 2021 Jan 15]. Available from: <https://www.iztacala.unam.mx/rivas/NOTAS/Notas6Histologia/embetas.html>
6. Gartner L Hiatt J. Texto Atlas de Histología. 2nd ed. Philadelphia: McGraw Hill; 2001.
  7. Vargaz A. Periodontología e implantología. Panamericana M, editor. Periodontología e implantología. Ciudad de México; 2016. 4–22 p.
  8. Lang P Lindhe J. Periodontología clínica e implantología odontológica [Internet]. 6th ed. Médica Panamericana, editor. Buenos Aires: 10-03-20021; 2017. Available from: <http://www.medicapanamericana.com.pbidi.unam.mx:8080/VisorEbookV2/Ebook/9789500695251#%7B%22Pagina%22:%22843%22,%22Vista%22:%22Indice%22,%22Busqueda%22:%22%22%7D>
  9. Benavides S, Guallo A, Carrillo Y. Capacidad de sellado de biodentina y el agregado de trióxido mineral MTA en la reparación de perforación de furca. Revisión de literatura. Kiru. 2018;15(4):197–207.
  10. Andrea G, Baldárrago V. CASO CLÍNICO USO CLÍNICO DEL AGREGADO DE TRIÓXIDO MINERAL ( MTA ) EN EL TRATAMIENTO DE LESIONES RADICULARES CLINICAL USE OF MINERAL TRIOXIDE AGGREGATE ( MTA ) IN THE TREATMENT OF RADICULAR LESIONS. :30–4.
  11. Grinjea A. Endodoncia - Ciencia y Tecnologia [Internet]. Venezuela: AMOLCA; 2016. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/278158744\\_Perforaciones\\_radicales](https://www.researchgate.net/publication/278158744_Perforaciones_radicales)
  12. Docente P, Oeste B, Granma B. Tratamiento quirúrgico de una perforación radicular como complicación endodóntica . Presentación de un caso Surgical treatment of a radicular perforation as endodontic complication . Presentation of a case. 2018;22(5):1045–55.
  13. Frank Rj. Percances endodónticos:Su detención corrección y prevención. México: McGraw Hill; 2005.
  14. Soares IJ, Cantarini C, Miraglia Cantarini JP, Goldberg F. Empleo del MTA en la obturación de perforaciones radiculares de origen iatrogénico. Rev Asoc Odontol Argent. 2018;127–35.
  15. Abarca J, Díaz C, Garay M, Monardes H. Tratamiento multidisciplinario de diente con pronóstico desfavorable. Reporte de caso. Rev clínica periodoncia, Implantol y Rehabil oral. 2019;12(2):87–9.
  16. Una B, Opción N, El P. Perforaciones De Furca Biodentine ® : a New Option for the Treatment of Furcal. 2018;15(2):81–4.
  17. Pinto L Alves L. Abordaje y resolución exitosa de perforaciones radiculares: 3 experiencias clínicas. SEC [Internet]. 2015;32–8. Available from: <http://www.socendochile.cl/revistas/32.pdf#page=28>
  18. Palacios Sánchez AI, Rosas Aguilar R, Guizar Mendoza JM. Desviación de conducto radicular localizada con CBCT: reporte de un caso. Rev ADM. 2018;75(1):45–9.

19. Gutman James L. Solución de problemas en endodoncia: Prevención, Identificación y Tratamiento. 5th ed. Barcelona: Elsevier; 2012.
20. Laplace Pérez B de las, Castellanos Amestoy L, Legrá Matos S, Peñuela Pérez E, Fernández Laplace J. Presentación de un paciente con perforación radicular como complicación del tratamiento endodóntico. *Correo Científico Médico de Holguín*. 2015;19(1):166–72.
21. Calero Hinostroza GG, Gallardo Gutiérrez C, García Rupaya CR. Reparación de perforación de furca con Biodentine y seguimiento de 14 meses. *Rev Científica Odontológica*. 2020;8(1):1–6.
22. Pelicié Camejo G, Valdés Domech H, Armas Portela L. Falsas vías en pacientes atendidos en la Facultad de Estomatología de La Habana. *Rev Médica Electrónica*. 2018;40(6):1890–910.
23. Rivas R. Patología pulpar [Internet]. Ciudad de México. 2013 [cited 2021 Jan 25]. Available from: <https://www.iztacala.unam.mx/rivas/NOTAS/Notas7Patpulpar/infregeneracion.html>
24. Elizondo Alvarado ML, Lopez Martinez F, Santoy Lozano A. Mta Vs Biodentiine. *Rev Mex Estomatol*. 2016;3(2):166–9.
25. Báez. Agregado de Trióxidos Minerales [Internet]. Available from: [http://www.materialesdentales.cl/dproductos.php?p=1&art=producto2&fbclid=IwAR1I75d7SbDUavrN\\_dsJvuUQwYbf9NYQgMP5uEemfHoLFs904qkHy-Nhrcg](http://www.materialesdentales.cl/dproductos.php?p=1&art=producto2&fbclid=IwAR1I75d7SbDUavrN_dsJvuUQwYbf9NYQgMP5uEemfHoLFs904qkHy-Nhrcg)
26. Blohm K. Propiedades físicas, químicas y biológicas del agregado de trióxido mineral y del cemento de portland [Internet]. Caracas. 2009 [cited 2021 Feb 10]. Available from: [https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado\\_58.htm](https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_58.htm)
27. Pineda Mejía ME, Silva Infantes M, Salcedo Moncada D, Castro Rodríguez A, Terán Casafranca L, Ortiz Cárdenas E, et al. Uso clínico del agregado de trióxido mineral (MTA) en el tratamiento de lesiones periapicales y perforaciones radiculares. *Odontol Sanmarquina*. 2014;10(1):21.
28. Gil C Fuentes A. Microbiología en endodoncia [Internet]. Ciudad de México. 2008. Available from: <https://www.iztacala.unam.mx/rivas/NOTAS/Notas13Microbiologia/desmedmta.html>
29. Claus Camilia M, Pérez Alfayate R, Antoranz Pereda A. MTA como material de sellado en cirugía endodóntica: puesta al día. *Cient Dent* [Internet]. 2017;14(2):135–9. Available from: <https://coem.org.es/pdf/publicaciones/cientifica/vol14num2/mta.pdf>
30. Llanos-Carazas M. Evolution of bioceramic cements in endodontics. *Conoc para el Desarro*. 2019;10(1):151–62.
31. Herrero L Chaplen A. Generalidades del agregado de Trióxido Mineral (MTA) y su aplicación en odontología: Revisión de la literatura [Internet]. Venezuela. 2006 [cited 2021 Mar 3]. Available from:



<https://www.actaodontologica.com/ediciones/2007/3/art-30/?fbclid=IwAR1BFV4wFZnrjxrz2Z3exiF1N3UC8KtWDsyLPdlhsNtlbqDvnFwqclY3gF0>

32. Castillo V Gonzáles T. Mineral de trióxido agregado (MTA) como material de obturación [Internet]. Ecuador. 2020 [cited 2021 Mar 3]. Available from: <https://revistamedica.com/mineral-trioxido-agregado-mta-obturacion-pulpotomias-dientes-temporales/#Propiedades-biologicas>
33. Brasil K, Franceschi C de, Santangelo M. Uso del Pro Root(TM) MTA en perforaciones dentarias. Rev Fac Odontol. 2009;
34. Bedoya-Soria AE, García-Rupaya CR. Efecto del mineral trióxido agregado, cemento portland e hidróxido de calcio en el proceso de reparación de perforaciones radiculares en dientes de Canis familiaris. Revista Estomatológica Herediana. 2014;19(2):103.
35. Espinoza F, Lizana A. Biocerámicos en odontología , una revisión de literatura. Canal abierto. 2020;41:14–21.
36. Mente J. Agregado trióxido mineral: indicaciones y descripción de la aplicación clínica práctica por medio de ejemplos clínicos. Quintessence Publicación Int Odontol. 2010;23(8):366–77.
37. Soares I Goldberg F. Endodoncia: Técnica y fundamentos. segunda. Médica Panamericana, editor. Buenos Aires; 2012.
38. Wang Z. Bioceramic materials in endodontics. Endod Top. 2015;32(1):3–30.