



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**APICOFORMACIÓN UTILIZANDO EL AGREGADO DE  
TRIÓXIDO MINERAL EN DIENTES JÓVENES CON  
NECROSIS PULPAR Y FORAMEN ABIERTO.**

**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:**

**DAMARIS MIRANDA OLIVO**

**TUTORA: Mtra. AMALIA CONCEPCIÓN BALLESTEROS  
VIZCARRA**

*VoBo*

MÉXICO, Cd. Mx.

**2022**



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.



---

## DEDICATORIAS

### A MI MADRE:

Gracias por confiar en mí en cada momento mami y por apoyarme cuando decidí iniciar esta carrera, sé que no fue nada sencillo y hoy estamos a nada de lograrlo. Sin duda alguna el esfuerzo y el amor que le diste a este sueño cobra sus frutos y no hubiera sido posible sin tu apoyo incondicional. Eres y seguirás siendo mi inspiración en cada logro. Te amo y te extraño tanto, sé que estás muy orgullosa de nuestro logro, un beso hasta el cielo ¡lo logramos!

### A MI ABUELA:

Mi confidente por tantos años, por fin soy la profesionista que siempre deseaste, ¡gracias por alentarme incluso a la distancia! Gracias por el apoyo en cada etapa de mi vida, has sido un pilar muy importante junto con mamá, soy lo que soy gracias a ustedes dos.

### A MI HERMANO:

Gracias por estar ahí y ayudarme durante todo este proceso, te amo y sólo deseo que siempre seamos partícipes de nuestros logros; nos tenemos el uno al otro no lo olvides.

### A MI FAMILIA:

Lulú, Eri, Beto, Majo, Sebas... Gracias por estar siempre al pendiente y motivarme en los mejores y peores días, cuando crees que los sueños se vuelven imposibles y encuentras el cariño y la calidez de tu hogar. ¡Gracias por tanto a mi pequeña pero gran familia! También gracias a Gal, que su felina compañía ha sido de inmensa ayuda.

---

#### A MI MADRINA Y FAMILIA:

Gracias por el cariño, la motivación y por ser un apoyo durante toda mi vida. Este logro también les pertenece tanto como a mí.

#### A MIS PERSONAS FAVORITAS:

Karina, Fernanda, Frida, Bryan, Karen, Vale, Karli, Carlitos, Alex y esas personitas que me acompañan en cada momento, en los buenos y en los malos; no se hubiera llegado a la meta sin sus consejos, momentos de risa, diversión, estudio, fiestas... en fin, cada momento lo atesoro con mucho amor y felicidad, ¡gracias por formar parte de mi vida!

#### A MI COMPAÑERO DE VIDA:

Sin duda alguna has sido una pieza fundamental de esta etapa, agradezco cada momento donde me alentaste y me motivaste a más. Te amo muchísimo.

#### A MÍ:

Porque sin resiliencia, sin los valores y principios que se me inculcaron no se hubiera logrado llegar a la meta. Esto es sólo el comienzo de una vida llena de logros, nunca dudes del potencial que tienes y la gente tan bonita que te rodea.

---

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO que me abrió las puertas desde nivel medio superior en la Escuela Nacional Preparatoria No. 9 “Pedro de Alba” y, posteriormente, en Facultad de Odontología Campus CU, donde pude iniciar y concluir mi licenciatura de Cirujana Dentista.

Agradezco a mi tutora de tesina, mi querida profesora durante la carrera y ahora compañera en ésta última etapa de formación académica, la Mtra. Amalia Concepción Ballesteros Vizcarra, quién con sus conocimientos y aportaciones me ha ayudado durante toda esta etapa culminante.

También agradezco a todas las y los profesores que fueron participes durante mi formación académica, por su paciencia, empatía y tolerancia que han dejado huella en mi corazón.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>OBJETIVO.....</b>	<b>9</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
1. Antecedentes.....	10
1.1. Desarrollo de la raíz del diente.....	12
2. Fundamentos.....	15
2.1. Pulpa .....	15
2.1.1. Población celular.....	15
2.1.2. Estroma conjuntivo.....	16
2.1.3. Funciones.....	16
2.1.4. Vascularización .....	17
2.2. Necrosis pulpar .....	18
2.2.1. Factores etiológicos .....	18
2.2.2. Clasificación .....	19
2.2.2.1. De Patterson (1958).....	19
2.2.2.2. De Cvek (1978).....	20
2.3. Agregado de Trióxido Mineral (MTA).....	21
2.3.1. Composición .....	21
2.3.2. Tiempo de fraguado y pH.....	23
2.3.3. Ventajas .....	23
2.3.4. Desventajas .....	24
2.4. Apicoformación.....	25
2.4.1. Indicaciones .....	25
2.4.2. Diagnóstico pulpar .....	26

2.5. Diferencias anatómicas de los conductos radiculares entre dientes maduros vs. dientes inmaduros.....	28
2.6. Apicoformación en dientes jóvenes con necrosis pulpar y foramen abierto.....	29
2.6.1. Consideraciones .....	29
2.6.2. Técnica.....	30
2.6.2.1. Desinfección del conducto radicular .....	30
2.6.2.2. Formación de una barrera apical .....	32
2.6.2.2.1. Por medio de hidróxido de calcio [Ca(OH) <sub>2</sub> ] .....	32
2.6.2.2.2. Por medio de MTA .....	33
2.6.2.3. Obturación del conducto radicular .....	38
2.6.3. Consecuencias biológicas.....	39
2.6.4. Seguimiento .....	40
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>41</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>42</b>

## INTRODUCCIÓN

La pulpa dental se origina a partir del mesodermo, una capa germinal que origina a los tejidos conjuntivos. Como bien se sabe, la pulpa es un conjunto de tejido conectivo formada de materia orgánica y agua, que consta de 5 funciones: reparadora, formativa, nutritiva, inductora y protectora.

Dentro de la población de células de la pulpa, se encuentran los fibroblastos, odontoblastos, macrófagos, células ectomesenquimatosas y endoteliales, células de Schwann, etc. Dentro de los tipos de colágeno que se encuentra el tipo I y III. Cuando una pulpa sana se encuentra expuesta a ciertos factores externos como caries profunda, traumatismos o alguna anormalidad propia, ésta puede presentar una etapa de necrosis pulpar donde dicha pulpa entra en un estado de descomposición que, en dientes jóvenes, puede dar como resultado ápice abierto, paredes frágiles y conductos radiculares anchos.

Los ápices abiertos traen consigo una serie de cambios celulares y morfologías radiculares a lo largo de la fase del desarrollo de la raíz del diente. La sintomatología que el paciente presente, las pruebas pulpares, el examen clínico como la inspección intraoral y extraoral, palpación y percusión junto con una radiografía como auxiliar de diagnóstico, serán puntos clave para definir el tratamiento a realizar.

La apicoformación con Agregado de Trióxido Mineral (MTA) es considerada una base fundamental en el tratamiento de estos dientes. El MTA es considerado un excelente material para la fabricación de una barrera apical, ya que dentro de sus características se puede encontrar una alta adaptación al sellado marginal y una mejor compatibilidad, así como propiedades antibacterianas y un menor tiempo de fraguado que, comparado con el hidróxido de calcio  $[Ca(OH)_2]$ , este material crea una formación de barrera apical en menor tiempo.

Una desventaja es su difícil manipulación, sin embargo, esto depende del operador, ya que un constante uso de dicho material favorecerá a la facilidad de ser manipulado.

## **OBJETIVO**

El objetivo de esta revisión bibliográfica es conocer el proceso de apicoformación por medio de la utilización del Agregado de Trióxido Mineral (MTA) en dientes jóvenes no vitales con foramen abierto, además de analizar los factores que están inmersos dentro de este tratamiento. Asimismo, se identificarán tanto las características, como las ventajas y desventajas de su uso como material para la realización de una barrera apical.

## MARCO TEÓRICO

### 1. Antecedentes

Para comenzar, es importante mencionar la vida intrauterina, donde a partir de la sexta semana del desarrollo se sabe que existe una capa basal de revestimiento de la cavidad oral, la cual da origen a una estructura en forma de C, que es la lámina dental; ésta se ubica a lo largo de la maxila y la mandíbula. Dicha lámina da origen a yemas dentales que forman los primordios de los componentes ectodérmicos de los dientes; la superficie profunda de las yemas dentales se invagina iniciando la fase de casquete en el desarrollo de los dientes.

El casquete cuenta con dos capas: la capa externa, denominada epitelio dental externo; y la capa interna, nombrada epitelio dental interno, la cual cuenta con un núcleo central de tejido entrelazado con holgura, llamado retículo estrellado.

El mesénquima (que se origina en la cresta neural de la hendidura) produce la papila dental. Durante el crecimiento de este casquete y la profundización de la hendidura, los dientes comienzan a presentar un aspecto de campana, iniciando así la fase de campana (Figura 1)<sup>1</sup>.

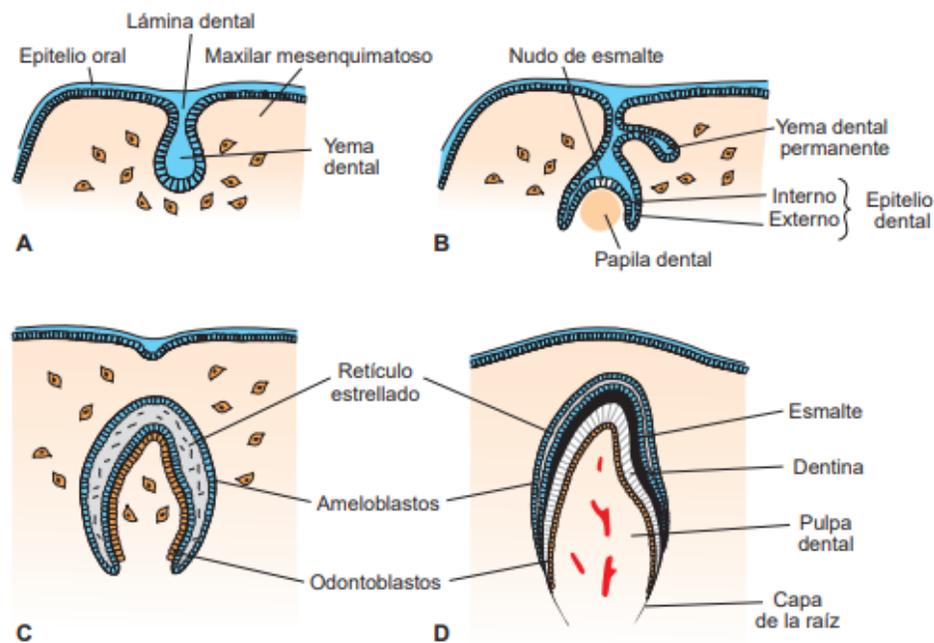


Figura 1. Formación del diente en fases sucesivas de desarrollo. A) Fase de yema (8 semanas); B) Fase de casquete (10 semanas); C) Fase de campana (3 meses); D) 6 meses.

Fuente: Sadler T.W., Ph. D. Langman Embriología Médica. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2016.

Las células mesenquimatosas de la papila adyacente a la capa dental interna se logran diferenciar en odontoblastos quienes son los precursores de la dentina, al engrosarse la capa de dentina, los odontoblastos se retraen hacia la papila dental dejando por detrás de la dentina una apófisis citoplasmática delgada (apófisis dental).

Esta capa de odontoblastos continúa durante la vida del diente aportándole predentina de manera continua; las células restantes de dicha papila dental constituyen a la pulpa del diente.

Mientras surge este proceso, las células epiteliales (del epitelio dental interno) se logran diferenciar en ameloblastos, quienes son responsables de la formación del esmalte, produciendo prismas de esmalte que se depositan en la dentina. Aunado a esto, un grupo de células del epitelio dental interno forman un nudo de esmalte, cuya función es regular el desarrollo temprano del diente.

El esmalte se extiende del ápice del diente al cuello; cuando éste se engrosa, los ameloblastos se retraen hacia el retículo estrellado donde involucionan, dejando temporalmente una membrana delgada denominada cutícula dental sobre la superficie del esmalte y, cuando el diente erupciona, ésta se desecha gradualmente.

Cuando las capas epiteliales dentales penetran el mesénquima subyacen y producen la capa epitelial de la raíz, dando origen a la formación de la raíz del diente propiamente. Cuando las células de la papila dental generan una capa de dentina, se estrecha la cavidad pulpar dando origen a un conducto, el cual contendrá el paquete vasculonervioso del diente.

Para generar los cementoblastos, las células mesenquimatosas en el exterior del diente, que se encuentran en contacto con la dentina de la raíz, logran diferenciarse en cementoblastos, logrando así producir una capa de hueso especializado denominado cemento. Cuando la raíz sigue alargándose, se empuja constantemente la corona a través de las capas suprayacentes hacia la cavidad oral.<sup>1</sup>

### **1.1. Desarrollo de la raíz del diente**

Conforme existe un desarrollo de la corona del diente, la proliferación celular se sigue dando en la región cervical donde las células del epitelio interno y externo dan origen a la vaina radicular y, cuando la corona está completa, las células de esta región del órgano del esmalte siguen creciendo y formando una capa denominada vaina radicular epitelial o vaina epitelial de Hertwig. La vaina radicular se origina en el punto donde terminan los depósitos de esmalte.

Dependiendo de las células internas de dicha vaina radicular se determinará la longitud y curvatura de la raíz, así como del número de raíces.

A medida que se origina la formación de dentina a nivel de la raíz, las células externas de la vaina radicular van depositando cemento intermedio (capa delgada acelular compuesta por proteína similar a la queratina que cubre extremos de túbulo dentinario y sella la superficie de la raíz).

Denominamos diafragma epitelial al extremo en proliferación de la vaina radicular que se dobla en un ángulo aproximadamente de 45°, el cual rodea la abertura apical de la pulpa durante el desarrollo de la raíz y la proliferación de dichas células permite el crecimiento de la raíz (Figura 2).<sup>2</sup>

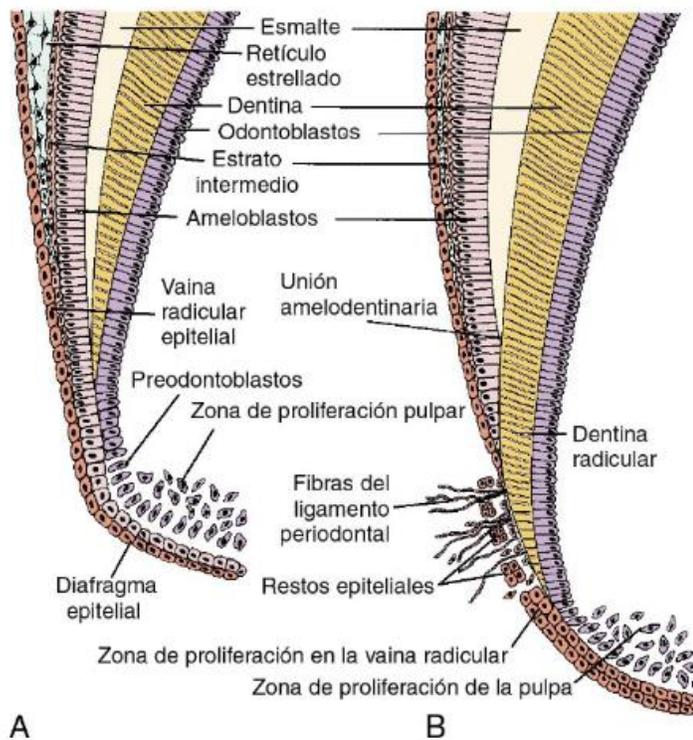


Figura. 2 Formación de la raíz que muestra la vaina radicular y el diafragma epitelial. A) Momento de la formación de la vaina radicular epitelial que muestra la fusión del epitelio externo e interno del esmalte para formar la vaina radicular epitelial, el cual incluye el tronco radicular epitelial vertical y el diafragma epitelial que se curva hacia dentro; B) Estado más avanzado del desarrollo de la vaina radicular. La dentina radicular se ha formado por debajo del esmalte cervical sobre la superficie del órgano pulpar. En el ligamento están presentes cementoblastos, fibras del ligamento periodontal y restos epiteliales.

Fuente: J. Daniel, Jr. Chiego. Principios de Histología y Embriología Bucal con Orientación Clínica. España: Elsevier; 2014.

Los odontoblastos se logran diferenciar a lo largo del borde de la pulpa, la dentinogénesis radicular continua y la raíz se va alargando.

La formación de dentina se lleva a cabo desde la corona hasta la raíz, la cual se adelgaza desde la corona hasta el diafragma epitelial apical en la raíz.

Posteriormente, se produce una zona de proliferación pulpar en la pulpa adyacente al diafragma apical en la raíz y se cree que esa área permite la elongación de la raíz a partir de nuevas células que dicha área produce y, la dentinogénesis, continúa hasta que se alcanza una longitud de raíz adecuada.

Es hasta este momento, que la raíz se engruesa hasta que la abertura apical se restringe alrededor de 1 mm a 3 mm; espacio suficiente para que se permita la comunicación tanto vascular, como nerviosa entre la pulpa y el periodonto.<sup>2</sup>

## **2. Fundamentos**

### **2.1. Pulpa**

Definimos a la pulpa como una masa de tejido conectivo ubicada en el centro del diente, debajo de la capa de dentina. Los componentes del complejo dentino-pulpar están interrelacionados y dependen el uno del otro, tanto para su desarrollo como supervivencia.<sup>3</sup>

La pulpa, un paquete vasculonervioso, cuenta con células tales como odontoblastos, macrófagos, fibroblastos y una población de células mesenquimales, que se mantienen indiferenciadas como reservorio celular de todas las células que la forman.<sup>4</sup>

Está formada por 75% de agua y 25% de materia orgánica, esta última compuesta por células y matriz extracelular representada por fibras y sustancia fundamental. Dicho componente orgánico se divide en: células, estroma conjuntivo (fibras y sustancia amorfa o fundamental), vasos sanguíneos, vasos linfáticos y fibras nerviosas.<sup>5</sup>

#### **2.1.1. Población celular**

Como se mencionó anteriormente, la pulpa cuenta con las siguientes células:

- **Odontoblastos:** Son células específicas del tejido pulpar y se encuentran situadas en la periferia adyacente a la predentina (altamente diferenciadas).<sup>5</sup>
- **Fibroblastos:** Se encuentran en mayor número, ya que están en toda la extensión de la pulpa y se caracterizan por su estado funcional. En una pulpa joven son los encargados de producir fibras de colágeno y sustancia fundamental.<sup>2</sup>
- **Macrófagos:** Suelen cambiar de forma, ya sea si se encuentran fijos o libres en el tejido conectivo. Los macrófagos fijos son de aspecto irregular, esto se debe a la presencia de prolongaciones citoplasmáticas y los macrófagos libres son redondeados, con repliegues citoplasmáticos en la superficie.

- Células ectomesenquimáticas: También conocidas como células madre de la pulpa dental, forman parte de la reserva pulpar debido a su capacidad de diferenciación a nuevos odontoblastos productores de dentina.<sup>5</sup>

Otras de las células que se pueden encontrar en la pulpa son las células de Schwann, las cuales forman la vaina de mielina de los nervios y asocian a todos los tejidos pulpares. Las células endoteliales tapizan venas, capilares y arterias de la pulpa. También se pueden encontrar pericitos y células perivasculares, así como diversas células indiferenciadas las cuales actúan como reserva y actúan en cuanto se necesiten nuevos odontoblastos o fibroblastos.<sup>2</sup>

### **2.1.2. Estroma conjuntivo**

Es importante mencionar que se han encontrado dos tipos de colágeno importantes en la pulpa, colágeno tipo I y III. El tipo I proviene de odontoblastos y se encuentra en la dentina (tejido producido por los odontoblastos); y el colágeno tipo III está producido por los fibroblastos pulpares para el mantenimiento de la pulpa. Cuando se observa una pulpa joven la pulpa tiene un aspecto laxo, esto se debe a que las fibras de colágeno se encuentran relativamente dispersas. En la pulpa propiamente dicha también se encuentran otros tipos de colágeno en cantidades menores y que no están bien caracterizados.<sup>2</sup>

La sustancia fundamental o bien, matriz extracelular, carece de estructura y se define como una sustancia amorfa para lograr diferenciarla de las fibras o sustancias intercelulares formes.<sup>5</sup>

### **2.1.3. Funciones**

Son diversas las funciones de la pulpa; entre ellas la inductora, puesto que en el desarrollo inicial de la pulpa (papila), interactúa con el epitelio bucal y comienza la formación del diente. Es formativa, ya que los odontoblastos de

la pulpa generan una dentina que rodea propiamente a la pulpa y la protege; es protectora, ya que reacciona ante ciertos estímulos tales como el frío, calor, presión o técnicas operatorias. A su vez, la pulpa tiene una función nutritiva, porque transporta oxígeno y nutrientes para el funcionamiento y desarrollo del diente. Como última función, se encuentra que es reparadora, debido a su respuesta en procesos cariosos o a incisiones quirúrgicas, produciendo dentina reactiva y reparativa.<sup>2</sup>

#### **2.1.4. Vascularización**

La pulpa, como se mencionó con anterioridad, es altamente vascularizada, con vasos que provienen de las arterias carótidas externas, las arterias alveolares superiores e inferiores.

La función del sistema microvascular es permitir el intercambio de dióxido de carbono, nutrientes, sales, agua, metabolitos, etc., en los tejidos y este sistema está compuesto por arteriolas, vénulas y capilares.

Las arteriolas son las encargadas de transportar sangre a la cavidad pulpar, ya que ingresan por medio del foramen apical o por foraminas accesorias en compañía del paquete nervioso y ascienden por la porción ventral de la pulpa radicular ramificándose a manera de un plexo capilar subodontoblástico (el cual tiene forma de abanico).

Desde ese punto, la circulación inicia su retorno mediante vénulas postcapilares y, posteriormente, por vénulas de un calibre mayor.<sup>6</sup>

## **2.2. Necrosis pulpar**

La necrosis pulpar es la descomposición, séptica o no, del tejido conjuntivo pulpar que cursa con la destrucción del sistema microvascular y linfático, de las células y, en última instancia, de las fibras nerviosas. Esta puede ser causada debido a un traumatismo, caries dental profunda y dispersa, anomalías en la pulpa y periápice, etc.<sup>7,8</sup>

La necrosis pulpar puede dar un retraso en el desarrollo de dientes inmaduros, teniendo estos como resultado el ápice abierto, paredes frágiles y conducto radicular ancho.

Una pulpa necrótica puede presentarse en dientes permanentes inmaduros, donde el conducto radicular aún no se ha formado adecuadamente.<sup>8</sup>

### **2.2.1. Factores etiológicos**

Entre los diversos factores que pueden desencadenar una necrosis pulpar, se encuentra la caries dental, ya que se considera una enfermedad multifactorial que puede llegar a causar inflamación y fibrosis al penetrar la pulpa con bacterias y productos nocivos. Una inflamación continua puede reducir la capacidad de autorreparación de la pulpa, prolongando la necrosis hacia lo largo del conducto radicular. En dientes que presenten alguna anomalía en su anatomía como el Dens invaginatus (DE), la caries puede sobrepasar la fina capa de tejido duro que cubre a la pulpa y llevar al diente a una necrosis pulpar.

Un traumatismo dental podría ser factor para que se vea interrumpido el flujo sanguíneo, ya sea parcial o total en un diente traumatizado, debido a que dicho flujo no se restablece o es inadecuado y la necrosis pulpar puede ocurrir con mayor facilidad. En adultos, la incidencia a traumatismos dentales en dientes permanentes es aproximadamente del 33%, el desarrollo radicular en niños suele ser incompleto y la necrosis pulpar puede afectar de manera crítica el desarrollo radicular.<sup>9</sup>

Con base en los resultados de un estudio, se coincide con los reportes de la literatura que describen al traumatismo dentoalveolar como la principal causa de ápices abiertos y pulpa necrótica, con una marcada predilección por los dientes ubicados en el maxilar, en específico el incisivo central superior.<sup>10</sup>

## **2.2.2. Clasificación**

### **2.2.2.1. De Patterson (1958)**

En 1958, Patterson publicó una clasificación de dientes inmaduros según el desarrollo radicular y apical, clasificándolos en 5 clases, que son las siguientes:

- Clase I: Desarrollo de 1/3 de la raíz con lumen apical mayor que el diámetro del conducto.
- Clase II: Desarrollo 2/3 de la raíz con un lumen apical mayor que el diámetro del conducto.
- Clase III: Desarrollo completo radicular con lumen apical de igual diámetro que el del conducto.
- Clase IV: Desarrollo completo de la raíz con diámetro apical menor que el del conducto.
- Clase V: Desarrollo completo radicular con cierre apical.

Es de importancia mencionar que en las primeras 4 clases está indicado realizar apicoformación; en la clase V se procederá a un tratamiento endodóncico convencional (Figura 3).<sup>11</sup>

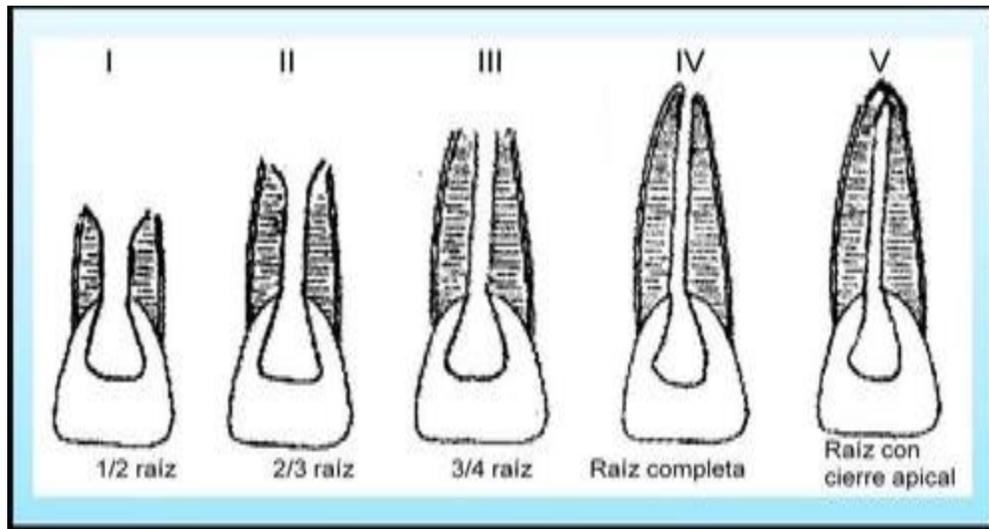


Figura 3. Las 5 clases de la clasificación de Patterson.

Fuente: Primer parcial de Endodoncia, [Internet], San Francisco, USA [Consultado el 25 de noviembre 2022]. Disponible en: <https://cutt.ly/t0hxkhM>

#### 2.2.2.2. De Cvek (1978)

La clasificación de Cvek realizada en 1978, describe las cinco etapas del desarrollo de la raíz:

- Estadio I: < 1/2 longitud de la raíz.
- Estadio II: 1/2 longitud de la raíz.
- Estadio III: 2/3 longitud de la raíz.
- Estadio IV: foramen apical abierto y casi longitud completa de la raíz.
- Estadio V: foramen apical cerrado y desarrollo completo de la raíz.

El estadio V de Cvek describe dientes maduros y completamente formados; los cuatro estadios restantes describen dientes con ápices abiertos y falta de desarrollo de constricción apical, pero con diferencias morfológicas relevantes. Los estadios de Cvek I, II y III indican aberturas apicales anchas y divergentes; los conductos radiculares son estadísticamente más anchos en el plano bucal-lingual que en el plano mesio-distal, la porción terminal de la raíz es irregular y el diámetro del foramen apical es alto. En cuanto al estadio IV, éste se asocia con una longitud radicular notable y paredes apicales convergentes.<sup>10</sup>

## **2.3. Agregado de Trióxido Mineral (MTA)**

El MTA fue fabricado por Torabinejad en el año de 1993, es un material utilizado para pulpotomías, recubrimiento pulpar, cierre de perforaciones y apicoformación de dientes permanentes, obturación de raíces, reparación de fracturas dentales, procedimientos regenerativos y apexogénesis, debido a sus características deseadas.<sup>13,14</sup>

El MTA se publicó en la literatura dental en 1993 y fue aprobado por la FDA en 1998. En ese año, Dentsply, Tulsa Dental, Johnson City, TN, Estados Unidos, comercializó el MTA original como ProRoot MTA.

Se diseñó para determinadas aplicaciones clínicas en las que es problemático mantener un campo seco, como en el caso de la obturación endodóncica retrógrada y la reparación de áreas perforadas.<sup>14</sup>

Se puede usar como un tapón apical que llena el extremo apical sin necesidad de esperar a que se forme una barrera apical calcificada.<sup>8</sup>

Pace et al. (2014), informaron una tasa de éxito del 94% después de 10 años de haber aplicado el MTA, por lo que se considera un material potente en endodoncia que ha revolucionado el pronóstico de los pacientes con el peor estado clínico de sus dientes.<sup>14,15</sup>

### **2.3.1. Composición**

El MTA está compuesto por silicato dicálcico y tricálcico, óxido de bismuto, sulfato cálcico y sílice. El 50% a 75% de óxido de calcio (CaO) y el 15% a 25% de dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) en peso, constituyen del 70% al 95% del cemento.<sup>13,14</sup>

La hidratación del polvo produce un gel coloidal que solidifica formando una estructura dura constituida por cristales discretos en una matriz amorfa. Los cristales están compuestos por óxido cálcico y la región amorfa está formada por un 33% de calcio, 49% de fosfato, 2% de carbono, 3% de cloruro y 6% de sílice.<sup>16</sup>

El silicato tricálcico tiene la capacidad de inducir a la diferenciación y la maduración de células de la pulpa dental, lo cual interviene en su bioactividad y biocompatibilidad. El factor de necrosis tumoral Alpha (TRAP1) es responsable de la diferenciación odontoblástica reparativa y de una reducción relevante de daño pulpar y, se considera, que el mecanismo de acción del silicato tricálcico es la estimulación de dicho factor.<sup>13</sup>

Para facilitar el diagnóstico radiográfico dental, se agregó óxido de bismuto al cemento (Figura 4).<sup>14</sup>



Figura 4. ProRoot MTA.

Fuente: Pocket Dentistry [Internet], General Dental Sciences, Marquette University, USA, [Consultado el 02 de diciembre 2022]. Disponible en: <https://cutt.ly/10kTKtR>

### **2.3.2. Tiempo de fraguado y pH**

El MTA es un polvo que contiene finas partículas hidrófilas y cuando éstas se mezclan con agua un gel coloidal cuyo pH es de 12.5 se endurecerá después de 3 a 4 horas aproximadamente, aunque inicialmente tiene un pH de 10.2.<sup>8,16</sup>

El MTA demostró un tiempo de fraguado más prolongado (2 horas y 45 minutos) que otros materiales y una menor resistencia a la compresión 24 horas después de mezclarlo (40 MPa), aunque la resistencia a la compresión aumentó hasta 67 MPa a los 21 días de su mezcla.<sup>16</sup>

### **2.3.3. Ventajas**

La primera y principal ventaja del MTA es la "apicoformación en una visita" y se define como la condensación no quirúrgica de un material biocompatible en el ápice abierto de un conducto radicular inmaduro. Cuando se utiliza MTA para la apicoformación, se realiza en una sola visita y produce resultados más favorables como lograr una restauración inmediata del diente.<sup>18</sup>

El MTA forma hidroxiapatita en la zona que se coloca, proporcionando un sello biológico y, aplicándolo en tejidos humanos, forma  $\text{Ca(OH)}_2$  que forma iones calcio, los cuales favorecen tanto la proliferación celular como la adhesión.<sup>19</sup>

El fraguado lo lleva a cabo en presencia de sangre y es menos citotóxico en comparación con otros materiales utilizados para terapias pulpares. El MTA en contacto directo con la pulpa y tejidos perirradiculares favorece en la prevención de microfiltraciones y ayuda a la regeneración del tejido original. Posee mejor biocompatibilidad, propiedades antibacterianas, menor tiempo de fraguado, buena capacidad de sellado, así como una alta adaptación de sellado marginal y un menor número de fugas.<sup>9,18,20</sup>

El MTA se considera un material de obturación inerte, obteniendo como resultado un sellado perfecto en el ápice. Demostró una formación de tejido duro superior, con menor índice de inflamación pulpar en comparación con el  $\text{Ca(OH)}_2$ . En apicoformación, el MTA actúa como un andamio para la regeneración de tejidos, ya que es capaz de activar cementoblastos y favorece el depósito de cemento nuevo.<sup>18,21</sup>

En cuanto a uno de los aspectos más significativos del MTA, en relación con su uso como barrera apical en dientes inmaduros desvitalizados, es su capacidad para inducir la formación de un tejido cementoso en la región perirradicular del diente. No genera daño alguno en las paredes de la dentina y esto tiene como consecuencia una disminución de fracturas de la raíz. Aumenta el pronóstico del diente, ya que el sellado da como resultado una barrera apical, la cual, comparada con el  $\text{Ca(OH)}_2$ , se crea más rápido.<sup>8,18,20,22</sup>

El MTA se puede colocar como barrera apical con previas aplicaciones intraconducto con  $\text{Ca(OH)}_2$  para dar como resultado la desinfección de este, incluso, se puede utilizar el MTA como material para rellenar el conducto. No está unido a la dentina, pero debido a la interacción de los componentes de iones de calcio e hidroxilo con un fluido corporal sintético que contiene fosfato, se origina como resultado la formación de depósitos interfaciales similares a la apatita.<sup>23</sup>

Posee la característica de bioactividad, que es la capacidad de liberar iones  $\text{Ca}^+$ , electroconductividad, producción de  $\text{Ca(OH)}_2$ , formación de una capa entre el cemento y la pared dentinaria, y formación de cristales de apatita sobre la superficie del material en un ambiente fluido de tejido sintético.<sup>19</sup>

#### **2.3.4. Desventajas**

La principal desventaja del MTA es su difícil manipulación y su ubicación en un vértice abierto, ya que hay una alta probabilidad de que se pueda extruir en la región periapical, sin embargo, son pocas las desventajas que puede llegar a presentar.<sup>18</sup>

El tiempo de fraguado del MTA es prolongado comparado con otros materiales, puede llegar a presentarse una decoloración de la dentina y se considera que el costo del material es elevado.<sup>8,9</sup>

## **2.4. Apicoformación**

La apicoformación se define como el proceso mediante el cual se realiza la limpieza del conducto radicular y la formación de una barrera calcificada a nivel del ápice de la raíz, mediante un agente inductor previo a la obturación. Esto se hace con la finalidad de evitar la extrusión del cemento y la gutapercha hacia la zona periapical.<sup>8,24</sup>

El objetivo principal de este tratamiento es evitar el paso de toxinas y bacterias a los tejidos periapicales desde el conducto radicular y, al no ser realizado adecuadamente y bajo las medidas, puede llevar al odontólogo al fracaso. Esto se lleva a cabo por medio de la eliminación de tejido necrótico y el desbridamiento del conducto, así como por medio del control de la infección con o sin medicamento.<sup>20,23</sup>

En cuanto al tiempo total del tratamiento, puede variar en la apicoformación dependiendo de múltiples visitas, según el medicamento utilizado, la presencia inicial de patología periapical (si es que se encuentra presente), la frecuencia de reemplazo del medicamento y la edad del paciente.<sup>23</sup>

### **2.4.1. Indicaciones**

La apicoformación es un proceso indicado en dientes jóvenes permanentes inmaduros no vitales, que promueve formación de una barrera apical mineralizada. El tratamiento de la apicoformación en dientes con pulpa no vital está indicado en dientes con ápices abiertos y paredes dentinarias delgadas en los que, mediante la instrumentación clásica, no es posible crear una barrera apical que facilite una obturación efectiva del conducto.<sup>16,20</sup>

Los tratamientos que promueven el cierre radicular o propician la elongación radicular en dientes inmaduros traumatizados, comprenden estrategias que emplean MTA,  $\text{Ca(OH)}_2$ , otros cementos de silicato de calcio o tratamientos de endodoncia regenerativa.<sup>25</sup>

### **2.4.2. Diagnóstico pulpar**

Para realizar un tratamiento endodóncico exitoso se necesita de un buen diagnóstico pulpar e identificar el abordaje que se empleará para dicho tratamiento del diente afectado. La sintomatología que presente el paciente, las pruebas pulpares y el examen clínico (inspección, palpación y percusión), junto con una radiografía como auxiliar de diagnóstico, serán puntos clave para definir el tratamiento.<sup>26</sup>

La exploración clínica extraoral e intraoral cuidadosa nos puede ayudar a detectar la presencia de patologías pulpares. Se deben de inspeccionar los tejidos de soporte, así como los tejidos blandos, ya que estos pueden arrojar signos como el enrojecimiento, fracturas dentales, tumefacción del vestíbulo, fístulas, caries, restauraciones defectuosas y pigmentación de la corona, los cuales pueden ser indicadores de dichas patologías.

Pitt Ford observa que cuando no existe una respuesta a las pruebas térmicas repetidas y ésta es positiva en el diente control contralateral, la pulpa generalmente se encuentra necrótica. Aunque se puede confirmar por medio de otro tipo de pruebas, cuando la necrosis se presenta en un diente con ápice abierto causado por una luxación, se produce una alteración en la conducción nerviosa, mientras que su irrigación queda intacta y, por ende, no hay una respuesta pulpar.

Basrani et al., afirman que debido a un trauma significativo puede darse una interrupción temporal de la irrigación pulpar y verse afectado el aporte nutricional a las fibras sensitivas A- $\delta$ , que son responsables de la conducción del dolor. Estas fibras maduran entre los 4 a 5 años después que el diente entra en la fase eruptiva; por eso, la falta de respuesta pulpar en un principio no es un indicador de la necrosis. Por lo referido anteriormente, en los dientes con ápices inmaduros puede no existir una respuesta.<sup>7</sup>

En ocasiones llegan a existir dificultades al momento de identificar el estado pulpar, para el cual, el examen radiográfico proporciona información sobre la condición de tejidos periapicales y el grado de desarrollo radicular, así como el diagnóstico, pronóstico, tratamiento y los controles a distancia de los dientes permanentes jóvenes.<sup>7,26</sup>

Cabe resaltar, que suelen haber confusiones de la imagen del saco dentinario con una lesión apical, ya que el saco dentinario es una estructura que circunda al ápice del diente en formación, así como también confundir un ápice inmaduro con un ápice reabsorbido. Las dimensiones de la cavidad pulpar que suelen ser muy amplias en dientes con ápice inmaduro, la comparación del diente afectado con su diente homólogo, así como la edad del paciente, posibilitarían el diagnóstico diferencial. Una evaluación incorrecta del estadio radicular podría llevar el tratamiento del diente al fracaso.<sup>26</sup>

La radiografía convencional proporciona sólo una imagen bidimensional y no tridimensional (factor importante a considerar en un diente con ápices abiertos), debido a que se puede observar la superficie mesiodistal con el ápice casi cerrado, pero cuando se observa desde proximal que hay una abertura de mayor tamaño, la interpretación de estas imágenes puede conducir a la selección del tratamiento inadecuado, por lo que es conveniente tomar radiografías anguladas si se presentan dudas acerca de la anatomía apical.<sup>7</sup>

El contar con un buen diagnóstico teniendo como base el conocimiento de la biología y del paciente, permitirá al odontólogo reconocer y seleccionar el material más adecuado para cada caso.<sup>13</sup>

## **2.5. Diferencias anatómicas de los conductos radiculares entre dientes maduros vs. dientes inmaduros**

Es vital para el odontólogo conocer la diferencia entre un diente maduro contra uno inmaduro, ya que anatómicamente el odontólogo se enfrenta a dos dientes con características diferentes que se deben tener claras.

El conducto radicular en un diente maduro presenta una forma de cono, donde la base mayor se ubica hacia la cámara pulpar y la base menor hacia el tercio apical. En las proximidades del foramen, la constricción natural (unión CDC) indica el límite donde se deben realizar los procedimientos endodóncicos y funciona como defensa al momento de realizar la obturación de dicho conducto.

En el caso de un diente con rizogénesis incompleta, la raíz no se encuentra formada y el conducto suele tener una forma troncocónica con la base vuelta hacia apical; es muy amplio y se puede observar que el foramen claramente no está formado, ya que presenta un gran diámetro.

Debido a estas características, el tratamiento de estos dientes se convierte en un reto para el odontólogo, ya que el nivel de dificultad es más elevado que el de un tratamiento endodóncico convencional. Al enfrentarse a un foramen abierto, al diente no se le proporciona de una defensa anatómica y es complejo mantener el tratamiento endodóncico en los límites del conducto.<sup>26</sup>

## **2.6. Apicoformación en dientes jóvenes con necrosis pulpar y foramen abierto**

Los dientes jóvenes inmaduros y necróticos sufren un proceso de interrupción en su desarrollo apical obteniendo como consecuencia, paredes dentinarias debilitadas, así como ápices sin sellar, siendo factores que dificultan el tratamiento endodóncico convencional. Es importante mencionar que traumatismos dentales en niños y adolescentes es una de las principales causas que genera necrosis pulpar. Este tipo de dientes son más propensos a fracturas debido a las tensiones funcionales, especialmente aquellas aplicadas a la parte cervical del diente.<sup>9,27</sup>

La apicoformación es considerada una base fundamental en el tratamiento de estos dientes; el material que comúnmente es utilizado (en múltiples citas) es el  $\text{Ca(OH)}_2$ , ya que forma una barrera de tejido duro, aunque dicho material tiene algunas deficiencias, entre las que destacamos un mayor índice de fractura radicular, microfiltración coronal, así como un tiempo mayor de duración del tratamiento. Debido a estos inconvenientes, se han buscado alternativas en materiales como el MTA, Biodentine™, sulfato de calcio, entre otros.

Después de realizar una obturación con una barrera apical con MTA, se observa que los tejidos duros producidos durante la elongación radicular parecen estar compuestos de tejido mineralizado, muy semejante al cemento celular, demostrado por evidencia histológica.<sup>9,25</sup>

### **2.6.1. Consideraciones**

Los ápices abiertos incluyen una amplia variedad de cambios celulares y morfologías radiculares a lo largo de todas las fases del desarrollo de la raíz, por lo que es importante mencionar que cuando un diente se encuentra con mayor grado de inmadurez. Clínicamente representa un reto realizar la limpieza mecánica del espacio pulpar, aumenta el riesgo de extrusión de cuerpo extraño dentro de los tejidos periapicales debido a la falta de constricción apical y existe la presencia de anatomía apical divergente.

Se deben tomar en cuenta los dientes completamente formados, ya que pueden sufrir alteración en la porción terminal de la raíz por factores patológicos o iatrogénicos y desarrollar ápices abiertos.

El hallazgo de dientes permanentes con pulpa necrótica y ápices abiertos no es exclusivo de pacientes jóvenes con ápice inmaduro; tales dientes también se pueden encontrar en pacientes adultos con ápices abiertos.<sup>10</sup>

## **2.6.2. Técnica**

Para realizar la apicoformación en dientes inmaduros con pulpa necrótica es importante llevar a cabo una serie de pasos para lograr un resultado favorable y satisfactorio para el paciente, tomando en cuenta los criterios iniciales para realizar una endodoncia convencional, que involucra desde la anestesia, aislamiento, hasta la realización del acceso.<sup>16</sup>

### **2.6.2.1. Desinfección del conducto radicular**

La desinfección del conducto radicular es un paso muy importante, ya que en la mayoría de los casos los dientes que se encuentran no vitales se infectan, y esta desinfección nos asegurará la cicatrización periapical.<sup>16</sup>

- a)** Calcular la longitud del conducto con una radiografía preoperatoria; cuando se haya accedido a los conductos, colocar una lima de dicha longitud.
- b)** Confirmar la longitud con exploración radiográfica.
- c)** Realizar un limado muy suave (debido a la delgadez de las paredes dentinarias), con suficiente irrigación con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 0.5%.
- d)** Se avanza hasta longitud apical con una aguja de irrigación en los dientes de ápice inmaduro para lograr una desinfección de los conductos radiculares.
- e)** Secar dichos conductos con conos de papel.
- f)** Colocar una mezcla de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  con un léntulo (Figura 5).<sup>16</sup>



Figura 5. Mezcla cremosa de  $\text{Ca(OH)}_2$  en un léntulo, dispuesta para colocarse en el conducto.  
Fuente: Jamshidi D., Homayouni H., Moradi Majd, N., Shahabi S., Arvin A., Ranjbar B. Impact and Fracture Strength of Simulated Immature Teeth Treated with Mineral Trioxide Aggregate Apical Plug and Fiber Post Versus Revascularization. 2018; 44(12): 1878–1882.

Es importante mencionar que se emplea una concentración más baja de NaOCl, debido al riesgo que se corre de extruir la solución a través del ápice.<sup>16</sup>

Un estudio in vitro informó que la irrigación con una alta concentración de NaOCl tiene un grave efecto negativo sobre la supervivencia y la diferenciación de las células madre de la papila apical. Se sugirió la irrigación con NaOCl de baja concentración (1.5%), seguida de irrigación con EDTA (17%) para minimizar el efecto citotóxico del NaOCl en las células madre y también para inducir la liberación de moléculas de señalización de la dentina.

Sólo en los estudios más recientes, el EDTA se incluyó sistemáticamente en el protocolo de irrigación final. Sin embargo, a pesar de que el EDTA no se incluyó en ninguno de los casos de tratamiento de endodoncia regenerativa informados antes de 2012, la mayoría de estos estudios informaron resultados exitosos consistentemente.<sup>9</sup>

Según la revisión de diversos artículos, la concentración ideal de NaOCl es del 1.25%, si se utiliza una concentración mayor, reduce la viabilidad de las células madre y su diferenciación odontogénica osteogénica. La principal ventaja del EDTA es que reduce el efecto nocivo del NaOCl y mejora la supervivencia y diferenciación celular.<sup>23</sup>

La irrigación activada con ultrasonido por sí sola puede romper la pared celular bacteriana y proporcionar una limpieza eficaz del sistema de conductos radiculares infectados, incluidos los túbulos dentinarios infectados. Si se combina con una solución de irrigación antibacteriana, el ultrasonido puede promover la penetración rápida de agentes antimicrobianos en los túbulos dentinarios, produciendo posteriormente un efecto sinérgico para desinfectar el sistema de conductos radiculares. Una pequeña lima utilizada ultrasónicamente sin contacto directo con la pared del conducto radicular puede crear una mayor transmisión acústica, mayor velocidad, más potencia y una mejor eficiencia para limpiar la superficie del conducto radicular que una lima grande en contacto directo con la pared del conducto radicular.

Los hallazgos antes mencionados, indican que la irrigación activada por ultrasonido con 2.5% de solución de NaOCl usando una lima pequeña, proporciona una desinfección efectiva del sistema de conductos radiculares, resultando finalmente en la desaparición de los síntomas y signos, así como en la curación de las lesiones radiolúcidas periapicales.<sup>29</sup>

Un factor muy importante y discutido, es la correcta desinfección del conducto radicular, ya que la mayoría de los casos de fracaso en los procedimientos se deben a infección persistente.<sup>30</sup>

## **2.6.2.2. Formación de una barrera apical**

### **2.6.2.2.1. Por medio de hidróxido de calcio [Ca(OH)<sub>2</sub>]**

Para la formación de una barrera de tejido apical duro en el ápice, el procedimiento debe realizarse en un entorno similar al de la formación de tejido duro en el tratamiento de una pulpa vital, donde un mínimo estímulo inflamatorio desencadene un proceso inflamatorio y éste se dé en un entorno sin bacterias con la finalidad de que la inflamación no progrese.

- a)** Mezclar Ca(OH)<sub>2</sub> puro con suero fisiológico estéril o, como alternativa, usar anestésico, llegando a una mezcla de consistencia espesa.
- b)** Colocar Ca(OH)<sub>2</sub> en el tejido blando de la raíz por medio de un condensador o, en su dado caso, una punta de gutapercha ancha.

- c) Colocar  $\text{Ca(OH)}_2$  con la finalidad de obturar el conducto radicular.
- d) Retirar  $\text{Ca(OH)}_2$  de la cavidad con precaución hasta el orificio radicular y en la cavidad de acceso colocar obturación provisional.
- e) Tomar una radiografía y verificar que el conducto se encuentre bien obturado; se debe lograr observar como si el conducto se encontrara calcificado para determinar que se logró una buena obturación por medio del  $\text{Ca(OH)}_2$ .
- f) Después de haber realizado este procedimiento, se toma una radiografía de valoración cada 3 meses, con la finalidad de realizar una valoración de la barrera de tejido duro y verificar si el  $\text{Ca(OH)}_2$  se ha eliminado del conducto.

Para confirmar que esto haya sucedido, se debe apreciar el conducto en la radiografía. Si el  $\text{Ca(OH)}_2$  no logra apreciarse radiográficamente, se debe aplicar de nuevo y, en caso contrario, debemos esperar a que transcurran 3 meses más. Es importante aclarar que deben evitarse cambios reiterados del  $\text{Ca(OH)}_2$ , debido a que la toxicidad de dicho material podría retrasar el proceso de cicatrización.

En el momento en que el odontólogo considere que se ha formado la barrera de tejido duro, se debe eliminar el  $\text{Ca(OH)}_2$  del conducto radicular con NaOCl y tomar una radiografía donde se valore la densidad radiológica apical. Al realizar la exploración clínica, se utiliza una lima de un calibre que permita acceder con facilidad a ese nivel, con un movimiento suave. En el momento en que la radiografía y la exploración clínica indiquen que se formó esa barrera de tejido duro se podrá realizar la obturación del conducto radicular.<sup>16</sup>

#### **2.6.2.2.2. Por medio de MTA**

Al realizar un sobrellenado involuntario del conducto radicular con MTA durante la colocación de una barrera apical, ésta puede reabsorberse y, por lo tanto, no haber una interferencia en cuanto a la reparación a nivel perirradicular o provocar sintomatología persistente o continua que induzca a la realización de otro tipo de procedimiento adicional o cirugía apical para brindar alivio.

Es importante mencionar, que en el caso de raíces inmaduras que presentan paredes paralelas o convergentes, se podría colocar el MTA de una forma "ideal" con mayor frecuencia, a diferencia de un conducto radicular que se encuentre divergente. Para evitar la extensión excesiva de material, el odontólogo debe implementar una técnica de colocación meticulosa al realizar dicho tratamiento.<sup>15</sup>

Para evitar esto, usar una barrera hecha de una matriz de colágeno o una matriz de fibrina rica en plaquetas antes de aplicar la barrera de MTA favorecería la resistencia, evitando así, el sobrellenado.<sup>19</sup>

Con anterioridad se presentó la técnica para formar una barrera apical de tejido duro con  $\text{Ca(OH)}_2$ , la cual suele ser muy efectiva, aunque la desventaja principal es que tarda entre 3 y 18 meses, por lo que el paciente debe de realizar visitas frecuentes, aumentando el riesgo de que el diente pueda fracturarse.

La técnica con MTA se puede realizar inmediatamente de haber realizado la desinfección del conducto, en este caso, la técnica se realiza de la siguiente manera:

- a)** Se desinfecta el conducto como se mencionó anteriormente (ligera instrumentación y copiosa irrigación).
- b)** A nivel del ápice, se coloca sulfato de calcio con la finalidad de proporcionar una barrera extrarradicular absorbible, la cual ayudará a empaquetar el MTA sobre la misma, que se mezcla y se coloca a 3mm o 4mm apicales del conducto, como se realiza en la técnica de aplicación del  $\text{Ca(OH)}_2$  y se deja durante 1 mes. Se puede colocar una torunda de algodón pequeña y húmeda contra el MTA y dejarlo por lo menos 6 horas.
- c)** Una vez fraguado el MTA, se realiza la obturación del conducto.
- d)** El conducto cervical se refuerza con resina de composite a nivel del hueso marginal (Resilon Obturation System).
- e)** Por último, se agrega resina en la zona apical adherida a la unión amelocementaria con la finalidad de reforzar la raíz (Figura 6).<sup>16</sup>

Apicoformación utilizando el Agregado de Trióxido Mineral en dientes jóvenes con necrosis pulpar y foramen abierto.



Figura 6. Apicoformación con MTA. A) Se desinfecta el conducto con una ligera instrumentación, irrigación copiosa y una mezcla cremosa de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  durante 1 mes. B) Se coloca sulfato cálcico a través del ápice para formar una barrera contra la cual se coloca el MTA. C) Se introduce una barrera de MTA hacia el ápice. D) El cuerpo del conducto se obtura con Resilon Obturation System. E) Se coloca resina apical adherida a la unión amelocementaria para reforzar la raíz.

Fuente: Cortesía de la Dra. Marga Rec.

Para comprobar el sellado completo del conducto radicular, se debe realizar mediante la toma de una radiografía.<sup>20</sup>

El tapón apical de MTA debe tener un grosor aproximado de 3mm a 5mm para permitir una fuga mínima.<sup>22</sup>

En cuanto a la cantidad sugerida de MTA que se debe insertar en el conducto radicular, es tal que se obtenga suficiente resistencia al desplazamiento.

El hecho de que el MTA se asoció con un tiempo significativamente más corto para lograr la formación de la barrera apical, hizo una diferencia en la evaluación general del éxito al ocupar este material; el hecho de que diversos tratamientos fracasaron con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  se debieron principalmente a un seguimiento deficiente de los pacientes debido al extenso tiempo entre cita y cita, dando como resultado un tratamiento más lento y con menor índice de éxito.<sup>19</sup>

Entre las diversas técnicas de apicoformación utilizadas, se encuentra el desarrollo de una barrera apical de tejido duro mediante reemplazos periódicos de pasta de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  o la creación de una barrera apical con MTA; pero en cuanto a la cicatrización del tejido periapical, las técnicas anteriores muestran tasas altas de éxito. Debido a sus ventajas técnicas y mayor biocompatibilidad, la barrera apical con MTA se considera como la primera opción de tratamiento.<sup>10</sup>

Se menciona otra técnica encontrada en el artículo “Mineral Trioxid Aggregate: properties and clinical applications”, donde se observan ciertas especificaciones.

- a)** Una vez conformada la limpieza del sistema de conductos radiculares, se utilizan una serie de obturadores que son usados para la compactación vertical gutapercha, ajustándose secuencialmente.
- b)** El obturador más pequeño debe caber holgado a 0.5 mm de la longitud de trabajo.
- c)** Se realiza la colocación del MTA en el tercio medio a apical del sistema de conductos.
- d)** Posteriormente, se realiza la compactación por medio de una serie de taponadores previamente instalados en el sistema de conductos radiculares. Para que el MTA avance hacia el ápice del diente, se pueden hacer vibrar ultrasónicamente los obturadores teniendo como resultado la compactación apicalmente del MTA.
- e)** Una vez que se compacta una barrera apical de MTA a la longitud de trabajo y se confirma con una radiografía, el exceso se puede eliminar del tercio coronal y medio del sistema de conductos irrigando con agua estéril.
- f)** El líquido restante se elimina con puntas de papel estériles.

- g) El resto del sistema de conductos radiculares se puede restaurar con un material central adyacente al MTA.
- h) La capa central puede extenderse hacia el tercio coronal del conducto para mejorar la resistencia a la fractura del diente.
- i) Por último, el composite se coloca en capas contra el material del núcleo, extendiéndose coronalmente para llenar la abertura de acceso (Figura 7).<sup>22</sup>

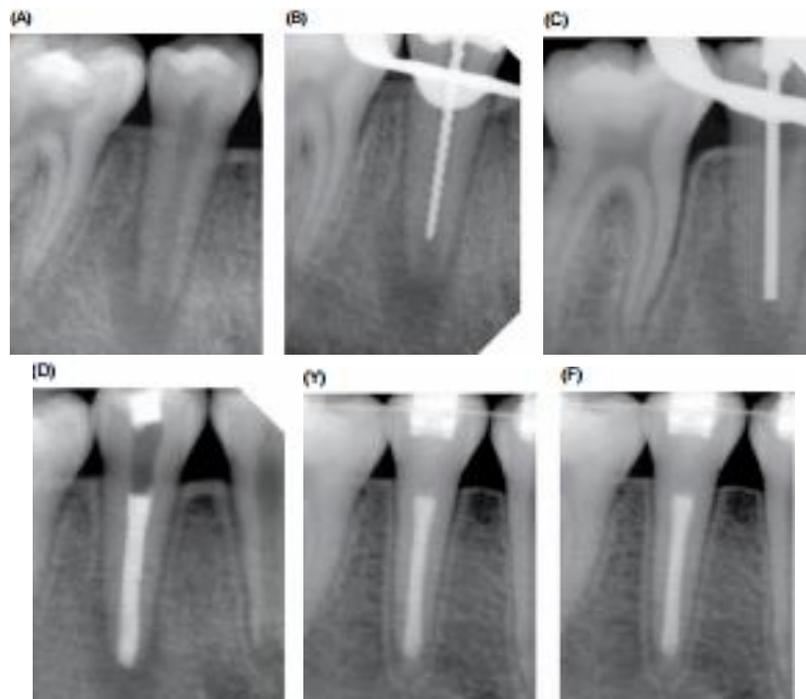


Figura 7. A) Radiografía preoperatoria de un segundo premolar inmaduro con necrosis pulpar en un paciente varón de 12 años. B) Radiografía de longitud de trabajo. C) Radiografía de ajuste de obturador. D) Radiografía postoperatoria inmediata. E) Radiografía de control a 15 meses. F) Radiografía de control a 33 meses.

Fuente: Ferreira G., Maltz G., Da Silva T., Kochenborger R., Montagner F., De Almeida J., Casagrande L. Pulp revascularization or apexification for the treatment of immature necrotic permanent teeth: Systematic review and meta-analysis. 2019; 43(5): 305- 313.

Para empaquetar el MTA, se pueden emplear condensadores verticales que habitualmente se usan al obturar con gutapercha termoplastificada. Otra maniobra muy útil para facilitar la colocación del material consiste en fabricar con una punta de gutapercha gruesa un “condensador vertical a medida” para llevar el material a la porción apical del conducto.

Posteriormente, se introducirá una punta de gutapercha que ajuste lo mejor posible en las paredes del tercio apical del conducto, medida primero a la longitud de trabajo; se aconseja tomar una radiografía para verificar que la longitud sea correcta y verificar el ajuste de la gutapercha en las paredes del tercio apical.

La ventaja de la punta de gutapercha, con respecto al condensador vertical, es que tiene una consistencia mucho menos rígida, por lo que se adaptará mejor al contorno del conducto a la hora de empaquetar con ella el material.<sup>23</sup>

### **2.6.2.3. Obturación del conducto radicular**

En el caso de este tipo de dientes, la obturación indicada es por medio de gutapercha caliente reblandecida, ya que en la mayoría de los casos el diámetro del ápice es mayor que el coronal. Es importante tener en cuenta los siguientes factores para realizar la obturación como:

- No ejercer tanta fuerza lateral, ya que las paredes se encuentran delgadas y al ejercer una presión excesiva puede llegar a fracturarse.
- El tope apical presenta un carácter irregular y es común que en el momento de realizar la obturación el cemento o la gutapercha blanda penetren al interior de tejidos periapicales.
- En el caso de dientes que presentan una abertura apical amplia llega a quedar una cantidad de tejido vital y esto, ocasionaría una proliferación a unos cuantos milímetros hacia el interior del conducto radicular.
- La obturación no debe nunca de forzarse a que llegue al ápice observado en la radiografía, lo ideal es llevarse a cabo hasta la barrera de tejido duro (Figura 8).<sup>16</sup>



Figura 8. Obturación radicular con gutapercha reblandecida después de la apicoformación con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . El sellador y el material reblandecido se aprecian en forma de agujeros “de queso Gruyère” en el interior de la barrera.

Fuente: Jamshidi D., Homayouni H., Moradi Majd, N., Shahabi S., Arvin A., Ranjbar B. Impact and Fracture Strength of Simulated Immature Teeth Treated with Mineral Trioxide Aggregate Apical Plug and Fiber Post Versus Revascularization. 2018; 44(12): 1878–1882.

### 2.6.3. Consecuencias biológicas

Al realizar un tratamiento endodóncico en un diente no vital e inmaduro se observa que el conducto es más ancho al nivel del ápice que al nivel coronal y, para amoldarse a la forma del ápice, se requiere ocupar material reblandecido para realizar de manera adecuada la obturación. Al no existir una barrera apical, es necesario generar una que evite la extrusión del material a través del conducto, ya que, si no se realiza dicha barrera, tendría como consecuencia una obturación incompleta y, por consiguiente, generar filtraciones.

Otro factor importante que considerar, serían aquellos dientes inmaduros que presentan paredes dentinarias delgadas, cuyo problema adicional es que son propensos a una fractura, ya sea durante o después del tratamiento. La importancia de generar una barrera de tejido duro es evitar esta clase de problemas, permitiendo así, una obturación apropiada de conductos y, a su vez, proteger a la raíz de una fractura durante y posterior al cierre apical.<sup>16</sup>

#### **2.6.4. Seguimiento**

Al haber realizado un tratamiento de apicoformación en dientes jóvenes con necrosis y ápice abierto, es de suma importancia que el odontólogo realice visitas de seguimiento y valore los procedimientos de restauración llevados a cabo para tener la seguridad de que no favorecerán la fractura de la raíz.<sup>16</sup>

Se aconseja que a los 7 a 10 días se verifique el sellado coronal, donde el MTA debe estar bien fraguado y presentar un sellado correcto a la entrada del conducto; observando esto se puede pasar posteriormente a la restauración definitiva de la corona.

Es importante realizar controles posteriores y comprobar si se produce la reparación de la lesión para verificar el éxito del tratamiento en cuanto a la maduración radicular, por lo cual es preciso revisar radiográficamente la formación de tejido calcificado en la luz del conducto radicular.

Debido a que la intervención clínica se consigue completar en tan corto espacio de tiempo, es necesario controlar periódicamente al paciente para verificar la desaparición de la sintomatología clínica.

Durante el primer año, se aconseja realizar controles cada 3 meses y después cada 6 meses. En general, en aproximadamente 6 meses después del tratamiento se espera la resolución de las posibles lesiones periapicales. Hay que esperar el crecimiento en longitud y engrosamiento de las paredes radiculares de los 12 a los 24 meses.<sup>23</sup>

## CONCLUSIÓN

Es un hecho que, para obtener un resultado favorable y exitoso de la apicoformación en dientes inmaduros con pulpa necrótica y ápice abierto, es importante principalmente realizar un buen diagnóstico y una copiosa irrigación para dejar totalmente desinfectados los conductos radiculares, ya que la mayoría de los casos de fracaso en los procedimientos se deben a una posible infección persistente.

Indiscutiblemente es necesario rectificar que la longitud sea la adecuada y que el ajuste de la gutapercha en las paredes del tercio apical al término del procedimiento sea totalmente hermético, ya que esto nos dará la certeza de haber realizado de manera adecuada la técnica, obteniendo el resultado deseado.

Para concluir, en cuanto a la irrigación con NaOCl y su porcentaje, algunos autores recomiendan el 0.5%, 1.25% o el 1.5%, agregando posteriormente EDTA al 17% para minimizar el efecto citotóxico del NaOCl; otros autores recomiendan el 2.5%, así como el uso y activación de este irrigante por medio de ultrasonido. Estas indicaciones se dejan a consideración del odontólogo, quien debe evaluar y valorar el nivel de concentración del NaOCl, aunque se sugiere usar la concentración de 0.5% como un porcentaje que se encuentra en un rango de seguridad, tanto para el odontólogo como para el paciente, debido a que se corre cierto riesgo de extruir la solución a través del ápice.

Por otra parte, para evitar una fractura posterior al tratamiento, se sugiere no realizar una fuerza excesiva al momento de realizar la obturación, ya que podría debilitar las paredes del conducto, por lo que se sugiere la técnica con gutapercha reblandecida con calor.

Finalmente, hay que mencionar que todas las técnicas muestran tasas altas de éxito, debido a sus ventajas como una mayor biocompatibilidad, sus propiedades antibacterianas y la alta capacidad para inducir la formación de tejido cementoso en la región perirradicular del diente. La barrera apical de MTA se considera como la primera opción para este tipo de dientes puesto que tiene una gran capacidad de sellado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sadler T.W., Ph. D. Langman Embriología Médica. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2016.
2. J. Daniel, Jr. Chiego. Principios de Histología y Embriología Bucal con Orientación Clínica. España: Elsevier; 2014.
3. Ghannam MG, Alameddine H, Bordoni B. Anatomy, Head and Neck, Pulp (Tooth) [Internet]. USA: StatPearls; 2022 [Consultado el 02 de noviembre 2022]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537112/>
4. Bagu L., Barbich M. Formación de tejido óseo a partir de células madre de pulpa dental. 2015; 11(3): 220-226.
5. Miquet Vega SA., Báez AE. Células madre dentales, reparación y regeneración en pulpa. 2019; 58(274): 126-130.
6. Boiero CF., Gani O. Análisis de las modificaciones histológicas en la vascularidad de la pulpa dental humana durante su diferenciación, maduración, y envejecimiento. 2018; 38: 18-24.
7. Petrocco De Angelis Concetina. Urgencias Endodónticas. [Internet]. Venezuela: Carlos Bóveda Z; 2000 [Consultado el 21 de noviembre 2022]. Disponible en: <https://rip.to/K2yCLK>
8. Irmaleny Y., Mahyuni F. Differences of the Success of Apexification with Calcium Hydroxide and Mineral Trioxide Aggregate: Scoping Review. 2022; 15(1): 383-391.
9. Koç Simay Dds, Del Fabbro Massimo Ms, PhD. Does the Etiology of Pulp Necrosis Affect Regenerative Endodontic Treatment Outcomes? A Systematic Review and Meta-Analyses. 2020; 20(1): 01-18.
10. Plascencia H., Díaz M., Gascón, G., Garduño S., Guerrero Bobadilla C., de Alba S., González Barba G. Management of permanent teeth with necrotic pulps and open apices according to the stage of root development. 2017; 9(11): 1329–1339.
11. Lasala A. Endodoncia. Barcelona: Salvat; 1979.
12. Primer parcial de Endodoncia, [Internet], San Francisco, USA [Consultado el 25 de noviembre 2022]. Disponible en: <https://cutt.ly/t0hxkhM>

13. Teicher Clara, Ensinck Ileana, Nannini Alicia, Lurati Analía, Valvo Alejandrina, Romero Valeria. La reparación de la pulpa dental. Materiales y alternativas de tratamiento. Revisión de la información bibliográfica. 2019; 3(107): 110-115.
14. Pushpalatha C., Dhareshwar V., Sowmya S., Augustine, D., Sekar T., Renugalakshmi A., Shaiban A., Kakti, A., Bhandi, S., Dubey A., Rai A., Patil S. Modified Mineral Trioxide Aggregate-A Versatile Dental Material: An Insight on Applications and Newer Advancements. 2022; 10(941826): 01-15.
15. Torabinejad M, Pariroko M, Dummer P.M.H. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview – part II: other clinical applications and complications. 2018; 51: 284-317.
16. M. Kenneth, Cohen S., H. Louis. Cohen, Vías de la Pulpa. España: Elsevier; 2011.
17. Pocket Dentistry [Internet], General Dental Sciences, Marquette University, USA, [Consultado el 02 de diciembre 2022]. Disponible en: <https://cutt.ly/I0kTKtR>
18. Mahajan T., Kochhar R., Kumari, M. Apexification using MTA: A challenging approach. 2020; 7(2): 135–139.
19. Staffoli S., Plotino G., Nunez TBG., Grande NM., Bossuú M., Gambarini G., Polimeni A. Regenerative Endodontic Procedures Using Contemporary Endodontic Materials. 2019; 12(908): 01-28.
20. Shampa Shruti, Jain Sakshi, Mathur Shivani, Sachdev Vinod. MTA apexification as a savior of questionable tooth: A Case report. 2020; 8(1): 18- 21.
21. Youssef A, Emara R, Taher M. Taher, Al-Allaf F., Almalki M, Almasri M., Siddiqui S. Effects of mineral trioxide aggregate, calcium hydroxide, biodentine and Emdogain on osteogenesis, Odontogenesis, angiogenesis and cell viability of dental pulp stem cells. 2019; 19(133): 01-09.
22. Shabahang S., Witherspoon DE. Mineral Trioxide Aggregate: Properties and Clinical Applications. Department of Endodontics, Loma Linda University School of Dentistry. Mineral Trioxide Aggregate: Properties and Clinical Applications. 1st. Edition. USA: John Wiley & Sons, Inc.; 2014; 111-131. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/9781118892435.ch5>
23. Panda P., Mishra L., Govind S., Panda S., Lapinska B. Clinical Outcome and Comparison of Regenerative and Apexification Intervention in Young Immature Necrotic Teeth-A Systematic Review and Meta-Analysis. 2022; 11(13): 01-35.

24. Hoyos Pinzón R, Rodríguez Casanova BI, Angulo Cortés HJ. Apicoformación con hidróxido de calcio dental con necrosis pulpar y ápice abierto. Reporte de un caso. 2018; 10(2): 57-62.
25. Bogen G., Ricucci D. Mineral trioxide aggregate apexification: a 20 years case review. 2021; 47: 335-342.
26. Soares, Goldberg. Endodoncia Técnica y fundamentos. Buenos Aires, Argentina: Panamericana; 2003.
27. Abbas Akhila, Kethineni Balaji, Puppala Ravindar, Birapu Uday C, Raghavendra Kumar J, Reddy Praveenkanth. Efficacy of Mineral Trioxide Aggregate and Biodentine as Apical Barriers in Immature Permanent Teeth: A Microbiological Study. 2020; 13(6): 656-662.
28. Jamshidi D., Homayouni H., Moradi Majd, N., Shahabi S., Arvin A., Ranjbar B. Impact and Fracture Strength of Simulated Immature Teeth Treated with Mineral Trioxide Aggregate Apical Plug and Fiber Post Versus Revascularization. 2018; 44(12): 1878–1882.
29. Lee, L. W., Hsiao, S. H., Lin, Y. H., Chen, P. Y., Lee, Y. L., & Hung, W. C. Outcomes of necrotic immature open-apex central incisors treated by MTA apexification using poly ( $\epsilon$ -caprolactone) fiber mesh as an apical barrier. 2019; 20: 01-9.
30. Ferreira G., Maltz G., Da Silva T., Kochenborger R., Montagner F., De Almeida J., Casagrande L. Pulp revascularization or apexification for the treatment of immature necrotic permanent teeth: Systematic review and meta-analysis. 2019; 43(5): 305- 313.