



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**TRATAMIENTO DE APEXIFICACIÓN EN DIENTES
PERMANENTES INMADUROS CON MTA.**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A:

LICETTE MIRIAM REYNA HERNANDEZ

TUTOR: MTRA. HILDA ELISA FERNÁNDEZ FLORES



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Índice

1. Introducción	1
2. Objetivos	2
3. Definición apicoformación o apexificación	3
4. Desarrollo de las estructuras radicales	4
4.1 Clasificación de Patterson.	5
4.2 Clasificación de Nolla	7
5. Etiología	8
5.1 Caries dental:	8
5.2 Lesiones traumáticas dentales:	9
5.3 Iatrogenia dental:	15
5.4 Alteraciones del desarrollo:	16
6. Valoración del estado pulpar.	18
6.1 Antecedentes.	18
6.2 Exploración clínica	19
6.3 Exploración radiográfica	19
6.4 Pruebas de vitalidad pulpar.	21

6.4.1 Pruebas complementarias:	22
6.4.1.1 Prueba eléctrica:	22
6.4.1.2 Oximetría de pulso:	24
i. Ventajas y desventajas de la oximetría de pulso (tabla 8)	25
ii. Modo de empleo de la oximetría de pulso: ^{3,29} (tabla 9)	26
6.5 Percusión:	27
6.5.1 Modo de empleo para realizar las pruebas de percusión dental. ^{1,3} (tabla 10)	27
7. Indicaciones para el tratamiento de apexificación.	28
8. Contraindicaciones	28
9. Necrosis pulpar	29
10. Tratamiento.	30
11. Materiales	30
11.1 Hidróxido de calcio	30
11.2 Indicaciones para el hidróxido de calcio:	31
11.3 Composición	31
11.4 Propiedades	31
11.5 Mecanismo de acción	32
11.6 Características de los vehículos para el hidróxido de calcio	33

11.7 Pastas antibióticas:	36
12. Silicato tricalcico o agregado de trióxido mineral (mta)	37
12.1 Composición:	37
12.2 Propiedades.	38
12.2.1 Alcalinidad	38
12.2.2 Radiopacidad:	38
12.2.3 Tiempo de endurecimiento.	39
12.2.4 Solubilidad:	39
12.2.5 Manipulación	39
12.2.6 Mecanismo de acción:	39
13. Comparación de acuerdo entre el número de visitas al consultorio dental, manipulación, costos y tiempo de endurecimiento del hidróxido de calcio y mta durante el tratamiento de apexificación.	40
14. Técnicas en el tratamiento de apexificación.	42
14.1 Formación de un coagulo de sangre en el tercio apical.	42
14.2 Apexificación con hidróxido de calcio.	44
14.3 Apexificación con agregado de trióxido mineral (mta).	46
16. Discusión	50
17. Conclusiones	51

1. Introducción

La apicoformación es un tratamiento odontológico, específicamente en dientes que no han terminado su desarrollo radicular o con ápice abierto, induciendo artificialmente una barrera ó tapón apical. La interrupción de desarrollo radicular y/o cierre apical está asociado a varios factores pero principalmente se suscita en dientes jóvenes con traumatismos dentales esencialmente en dientes anteriores, también es causado por caries dental principalmente en primeros molares, ya que erupcionan a la edad de los 6 años teniendo poca consideración con su cuidado debido a que se confunden con dientes temporales y otro factor asociado aunque en menor proporción son las anomalías del desarrollo dentario, dando como resultado a necrosis pulpar y la detención del desarrollo radicular.

Las características de un diente permanente inmaduro joven es que presenta paredes delgadas y divergentes, y un foramen abierto, generando una vía amplia y directa para bacterias, lo cual se vuelve un reto para el tratamiento de conductos, y será necesario generar un tapón o cierre apical.

Para el uso odontológico existen diversos materiales para crear un tapón apical; entre los más destacados son; el hidróxido de calcio y el mineral de trióxido agregado (MTA). Ambos materiales logran su objetivo, que es inducir un cierre apical.

2. Objetivos

Este trabajo realizó una revisión sistemática de la literatura, sintetizando la información de lo que se conoce hasta el momento con respecto al tratamiento de apexificación en dientes permanentes.

Dar a conocer las propiedades del hidróxido de calcio como inductor de una barrera apical y sus vehículos para favorecer el tratamiento de apexificación.

Conocer las cualidades del Agregado de Trióxido Mineral (MTA), y sus aplicaciones en odontología. Su principal uso en dientes inmaduros con ápice abierto; es su capacidad de formar una barrera apical y conferirle propiedades bacteriostáticas, entre otros; sellar perforaciones radiculares como consecuencia de reabsorciones internas y accidentes durante el tratamiento de conductos; protección directa de la pulpa dental.

Llevar a cabo una comparación entre el Hidróxido de Calcio (CaOH_2) y el Agregado de Trióxido Mineral (MTA), con respecto al tratamiento de apicoformación.

3. Definición apicoformación o apexificación

La muerte del tejido pulpar en dientes jóvenes representa un desafío para el clínico en odontología debido a que la anatomía radicular se encuentra parcialmente formada, con ápices abiertos, paredes radiculares finas y frágiles, así como la longitud radicular reducida. Es por ello que el tratamiento de apicoformación provee una solución para mantener estas piezas, restituyéndoles la salud y la función. (Imagen 1).

La apicoformación según Canalda es el tratamiento que se efectúa en un diente con rizogénesis incompleta y necrosis pulpar, con la finalidad de inducir o permitir la formación de una barrera calcificada que oblitere el orificio apical o que permita el desarrollo radicular completo".¹

También en la literatura se encuentra como Apexificación definiéndolo como un método alternativo para inducir una barrera calcificada en un diente que no ha completado su desarrollo y con un ápice abierto o el desarrollo de apical de una raíz completamente formada, en los dientes con pulpa necrótica.²

Según Cohen la apicoformación se define como un método para inducir una barrera calcificada en una raíz con un vértice abierto o el desarrollo apical continuo de una raíz formada incompleta en el diente con tejido pulpar necrótico.³

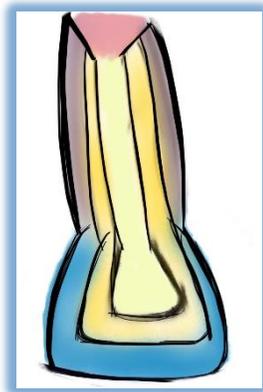


Figura 1. Representación de un diente con ápice abierto con un tapón artificial.⁴

4. Desarrollo de las estructuras radiculares

Para el odontólogo es importante el conocimiento del ápice radicular puesto que, las etapas de formación radicular y el tipo de tejido presente dentro de la raíz del diente, tienen gran influencia en la práctica endodóntica y de la permanencia del diente dentro de la boca.

El desarrollo radicular comienza cuando la formación de esmalte y dentina han llegado a la futura unión cemento –esmalte. En esta etapa, el epitelio interno y externo del esmalte ya no están separados por el estrato intermedio y retículo estrellado, si no que se desarrollan como una pared de dos capas epiteliales para formar la vaina radicular epitelial de Hertwig.

Luego de este periodo, las células de la capa interna inducen la diferenciación de las células del tejido conjuntivo en odontoblastos y se depositara la primera capa de dentina.⁵ (Figura 2).

Posteriormente la vaina radicular de Hertwig comienza a fragmentarse y a perder continuidad, así como la estrecha relación con la superficie radicular. Sus restos persisten como una red epitelial de fibras o túbulos cerca de la superficie externa radicular.⁵

La vaina radicular epitelial de Hertwig es responsable de determinar la forma de la raíz o las raíces. El diafragma epitelial rodea la abertura apical de la pulpa y, finalmente se convierte en el foramen apical.

Los dientes con raíces en desarrollo presentan un ápice abierto, el cual se produce 3 años después de la erupción en diente en boca.^{3,6}

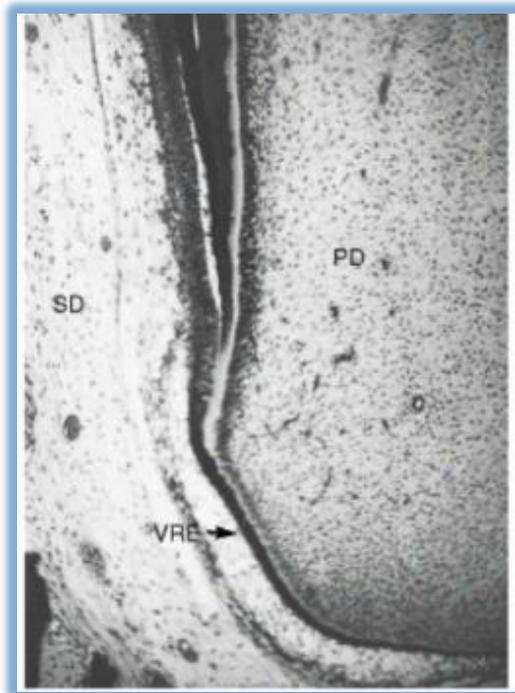


Figura 2. Formación del desarrollo de la raíz. VRE Vaina radicular epitelial de Hertwig, PD: pulpa dental. SD: saco dental. ³

4.1 Clasificación de Patterson.

Patterson en 1958 publico una clasificación de los dientes permanentes según su desarrollo radicular y apical dividiéndolo en 5 grados.⁸ (Figura 3)

Grado 1:

- Lumen apical mayor que el diámetro del conducto
- 50 % de la longitud total de la raíz
- Ápice abierto

Grado 2:

- Lumen apical mayor que el conducto

- 66% de la longitud radicular total
- Paredes divergentes
- Conducto en forma de embudo

Grado 3:

- Desarrollo casi completo
- Lumen apical igual al diámetro del conducto
- 75% partes de longitud total
- Ápice de paredes paralelas

Grado 4

- Desarrollo radicular completo
- Diámetro a pica más pequeño que el conducto
- Conducto de forma cilíndrica

Grado 5

- Desarrollo completo de la raíz con tamaño microscópico apical
- Conducto de forma cónica.

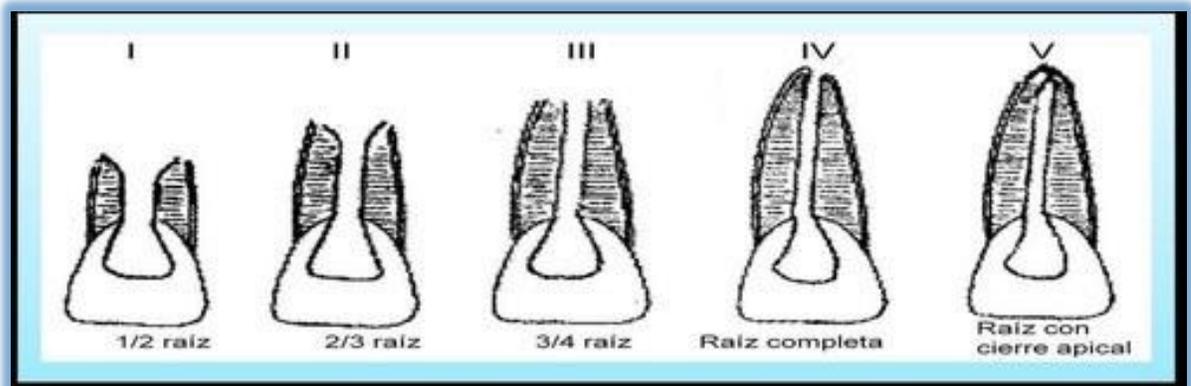


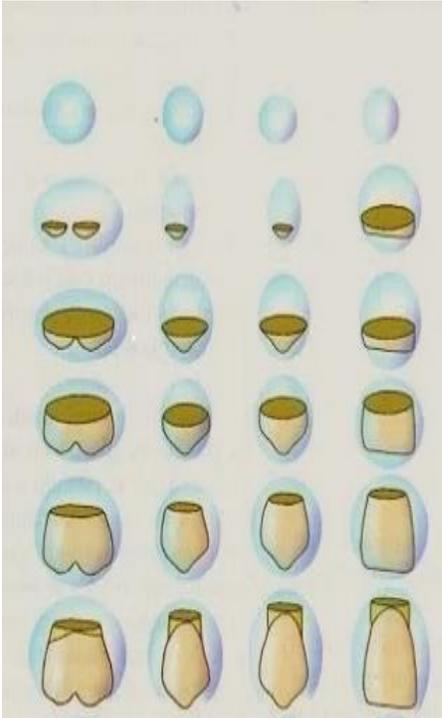
Figura 3. Clasificación de Patterson de dientes permanentes según su desarrollo radicular y apical.⁹

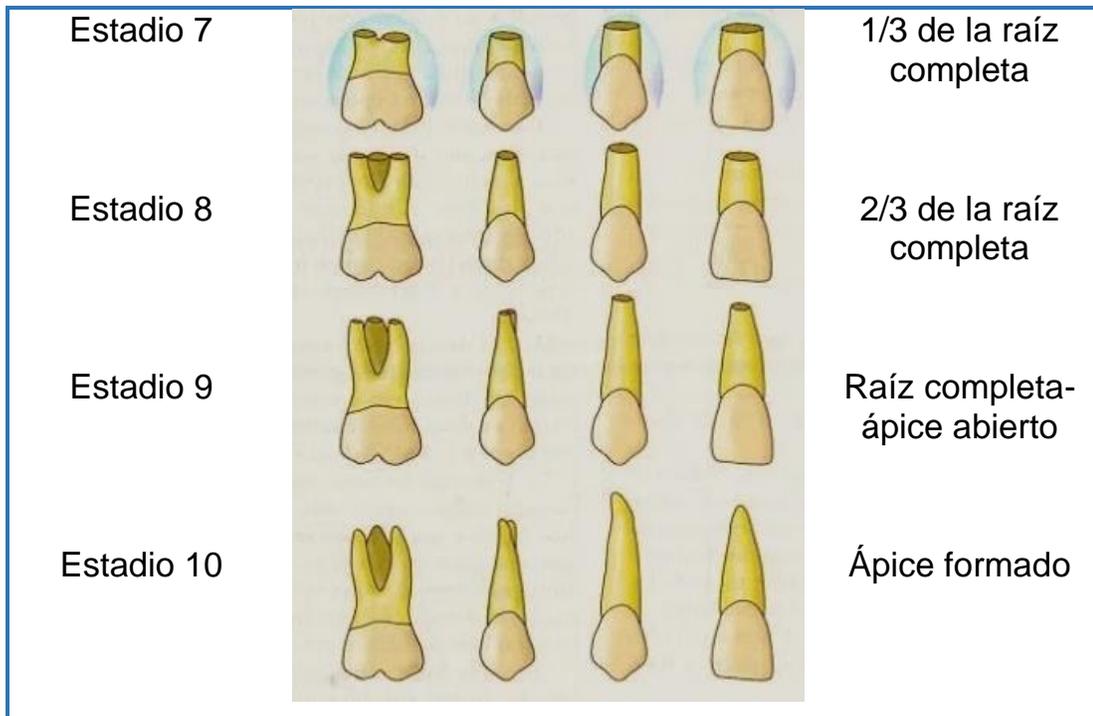
4.2 Clasificación de Nolla

Carmen M. Nolla (1952-1960) ideó un método para evaluar el grado de desarrollo dental de los dientes de la mandíbula y del maxilar. (Exceptuando el tercer molar), clasificándolo en 10 estadios de desarrollo dental. (Tabla 1)

En cada diente se le asigna una puntuación, convirtiéndose en una puntuación media; todos los valores son sumados y el resultado corresponde a la edad dental.^{1,9}

Clasificación de Nolla^{10,11} (Tabla 1)

Estadio 0	 El diagrama muestra una cuadrícula de 7 filas y 4 columnas de dientes en diferentes etapas de desarrollo. Las filas están etiquetadas como Estadio 0 a Estadio 6. Cada diente está representado como un círculo o forma similar con un interior que indica el nivel de calcificación y formación de la corona. El color del interior varía de azul claro a amarillo oscuro, representando diferentes niveles de maduración. Las etapas muestran la transición de un simple punto (Estadio 0) a una corona completamente formada (Estadio 6).	Ausencia de la cripta
Estadio 1		Presencia de la cripta
Estadio 2		Calcificación inicial
Estadio 3		1/3 de la corona formada
Estadio 4		2/3 de la corona formada
Estadio 5		Corona casi completa
Estadio 6		Corona completa



5. Etiología

La rizogénesis es el proceso que da lugar a la formación de la parte radicular de las piezas dentarias. Se habla de rizogénesis incompleta cuando por ciertas causas una pieza dentaria no ha completado la formación de su raíz como veremos a continuación.

5.1 Caries dental:

La caries dental, es una de las enfermedades más prevalentes, afectando al 97% de la población en todo el mundo durante su vida.

Según Cohen “la caries dental es una infección localizada, destructiva y progresiva de la dentina”.^{3,12}

Una caries dental no tratada en dientes permanentes jóvenes puede tener consecuencias irreversibles como el resultado de una necrosis pulpar, originando una raíz poco desarrollada, debido a que la pulpa sufre estímulos, produciendo una respuesta inflamatoria.^{3,13,14}

5.2 Lesiones traumáticas dentales:

Un trauma dental es un impacto fuerte sobre las estructuras biológicas dentales o estructuras adyacentes de las cuales se derivan cualquier tipo de lesión.¹²

Las lesiones dentales traumáticas (LDT)^{15,16} (Tabla 2), son muy frecuentes a la edad de 8 a 12 años, según Andreasen y cols. Afecta al 30% de los niños. Estos incidentes son producidos antes de la formación completa radicular y pueden resultar en inflamación o necrosis pulpar.^{3, 14}

- a) Clasificación de las LDT en los tejidos mineralizados y pulpares.^{14,17} (Tabla 2).

Criterio	Descripción
Involucración del esmalte	Fractura incompleta (grieta o agrietamiento) del esmalte, sin pérdida de la estructura dental.
Fractura coronaria e involucración del esmalte. (fractura coronaria no complicada)	Fractura coronaria involucrando solo el esmalte, con pérdida de la estructura dental.
Fractura de esmalte-dentina (fractura coronaria no complicada)	Fractura con pérdida de estructura dental que involucra esmalte y la dentina, sin exposición pulpar.
Fractura complicada de la corona	Fractura que involucra, esmalte-dentina-pulpa.

Fractura corono radicular no complicada. Fracturas que se extiende por debajo del margen gingival.	Fractura que involucra, esmalte-dentina y cemento sin exposición pulpar.
Fractura complicada de la corona. Fractura corono-raíz.	Fractura que involucra, esmalte-dentina y cemento con exposición pulpar.
Fractura radicular	Fractura que involucra dentina, cemento y pulpa. Pueden ser horizontales, verticales o combinadas.

Es importante mencionar que no todas las lesiones traumáticas dentales pueden afectar la formación del desarrollo radicular, los traumas que comprometen a la pulpa y a la estructura radicular son¹³:

- Fractura complicada de la corona; involucra, esmalte, dentina y pulpa
- Fractura corono radicular no complicada; involucración de esmalte, dentina y cemento sin exposición pulpar
- Fractura corono raíz con exposición pulpar; involucración de: esmalte, dentina y cemento con exposición pulpar
- Fractura radicular; involucración de: dentina, cemento y pulpa.

Debido a la exposición de túbulos dentinarios y tejido vasculo nervioso, que puede ser colonizado por bacterias del medio exterior.

b) Tratamiento para los tejidos mineralizados y pulpares^{13,17} (Tabla 3)

Lesión	Descripción
Fractura esmalte-dentina con exposición pulpar.	En pacientes donde aún no se ha desarrollado por completo la raíz, será importante conservar la pulpa, realizando una pulpotomía.

	
<p>Fractura corona-raíz (no complicada) sin exposición pulpar.</p> 	<p>No se debe realizar ningún tratamiento sin antes dejar sin movilidad dental a el y/o los dientes afectados (ferulización). Si la pulpa no se encuentra expuesta, debe ser considerado la eliminación del fragmento coronal, colocar una restauración a base de resina. Cubrir la dentina expuesta con ionómero de vidrio. Plan de tratamiento a futuro: Extrusión ortodóntica, seguido de una restauración. Extrusión quirúrgica. Tratamiento de conductos radiculares si existe una infección o necrosis pulpar. Reimplantación intencional de la raíz. Extracción.</p>
<p>Fractura corono-raíz con exposición pulpar.</p>	<p>Estabilización temporal de los dientes afectados. En dientes inmaduros preservar la pulpa (pulpotomía). Colocación de hidróxido de calcio en la herida pulpar.</p>

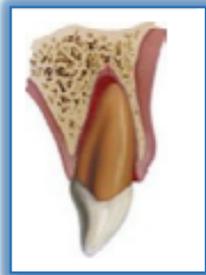
	<p>En dientes maduros con raíz completa realizar tratamiento de conductos. Realizar una restauración temporal.</p> <p>Plan de tratamiento a futuro: Finalizar el tratamiento de conductos y restauración. Extrusión ortodónica del segmento apical, considerar una cirugía periodontal de remodelación después de la Extrusión. Extracción</p>
<p>Fractura radicular</p> 	<p>Si existe un desplazamiento del fragmento coronal, debe ser reposicionado lo antes posible. Estabilizar los dientes afectados durante 4 semanas. Si la fractura se localiza cervicalmente la estabilización será por más tiempo (4 meses de ser necesario). Vigilar la cicatrización de la fractura al menos 1 año Se puede desarrollar necrosis pulpar e infección. Solo está indicado el tratamiento de conductos en fracturas horizontales. Apexificación. Extrusión ortodónica.</p>

- c) Lesiones del tejido periodontal que afectan la formación del desarrollo radicular.^{13,17} (Tabla 4)

En las lesiones del tejido periodontal existe un desplazamiento parcial o total del diente provocando la ruptura de las fibras del ligamento periodontal y el paquete vasculonervioso, impidiendo el aporte sanguíneo al diente.¹³

Luxación extrusiva (desplazamiento o avulsión parcial)	Desplazamiento parcial del diente hacia al exterior del alvéolo.
Luxación lateral	Desplazamiento del diente en otra dirección, acompañada de fractura del alvéolo.
Luxación intrusiva	Desplazamiento del diente hacia el interior del alvéolo, acompañada de fractura del alvéolo.

Tratamiento para lesiones del tejido periodontal que afecta la formación del desarrollo radicular¹³. (Tabla 5).

Tipo de lesión	Tratamiento
<p>Luxación extrusiva.</p> 	<p>Reposicionar el diente bajo anestesia local. Estabilizar (ferulizar) el diente durante 2 semanas. Monitoreo de la pulpa dental. Realizar tratamiento de conductos si existe necrosis pulpar e infección. Realizar tratamiento adecuado dependiendo en donde se encuentre la formación del desarrollo radicular.</p>

<p>Luxación lateral</p> 	<p>Reposicionar el diente hacia al alvéolo. Método: palpar la encía para sentir el vértice del diente. Usar un dedo para empujar hacia abajo sobre el extremo apical del diente, inmediatamente usar el pulgar u otro dedo para empujar el diente de nuevo al alvéolo. Estabilizar el diente durante 4 semanas. Monitorear el estado de la pulpa. Aproximadamente 2 semanas de la lesión, realizar una evaluación endodóntica. Dientes con formación radicular incompleta: Revascularización. Realizar tratamiento de conductos si existe una necrosis pulpar o infección. Procedimientos adecuados para dientes inmaduros. Dientes con formación radicular completa: Tratamiento de conductos radiculares, utilizar hidróxido de calcio como medicamento intra-conducto.</p>
<p>Luxación intrusiva</p> 	<p>Dientes con formación radicular incompleta: Permitir la erupción sin intervención (reposicionamiento espontáneo) para los dientes intrusivos. Si el diente no erupciona en 4 semanas, se necesitara reposicionamiento ortodóntico.</p>

	<p>Monitorear la condición de la pulpa En dientes con formación radicular incompleta puede ocurrir una revascularización espontánea, pero si se observa que la pulpa se encuentra necrótica y existe una infección pulpar, inmediatamente se debe de iniciar los protocolos para una apexificación. Dientes con formación radicular completa: Permitir la erupción sin intervención si el diente se encuentra dentro del alvéolo menos de 3mm. . Si no existe erupción dentro de 8 semanas realizar un reposicionamiento con una férula durante 4 semanas. Si el diente se encuentra dentro del alvéolo de 3 a 7 mm, volver a colocarlo quirúrgicamente o con ortodoncia. Si se encuentra el diente más de 7 mm. volver a colocarlo quirúrgicamente Realizar tratamiento de conductos si existe necrosis pulpar con medicación intra-conducto, el propósito del tratamiento es prevenir el desarrollo de reabsorción externa inflamatoria.</p>
--	--

5.3 Iatrogenia dental:

Durante los procedimientos operatorios restaurativos se puede producir la generación de calor y la desecación de los túbulos dentinarios lesionando el tejido pulpar, produciendo alteraciones vasculares e iniciando una inflamación por liberación de neuropéptidos y citocinas. ³

Se puede llegar a producir alguna patología pulpar como consecuencia de un raspado periodontal, al seccionarse una arteriola que transcurre por un conducto lateral, y por movimientos ortodóncicos bruscos. ¹²

5.4 Alteraciones del desarrollo:

Existen anomalías de desarrollo dental que pueden presentar afección pulpar las más comunes son:

Dens invaginatus: es el resultado de la invaginación del órgano del esmalte dentro de la papila dental. Aparece como una hendidura profunda cerca de la región de los cíngulos de los incisivos. Esta alteración es muy frecuente encontrarla en dientes incisivos laterales y centrales superiores e incisivos inferiores.¹⁷ (Figura 4)

Clínicamente esta anomalía es difícil de hallar, radiográficamente se visualiza una masa de esmalte alargada, dentro de la dentina. (Su incidencia oscila de 1 a 5% de la población). ^{17,18} (Figura 5)

Dentro de la hendidura es propenso a desarrollar caries dental.

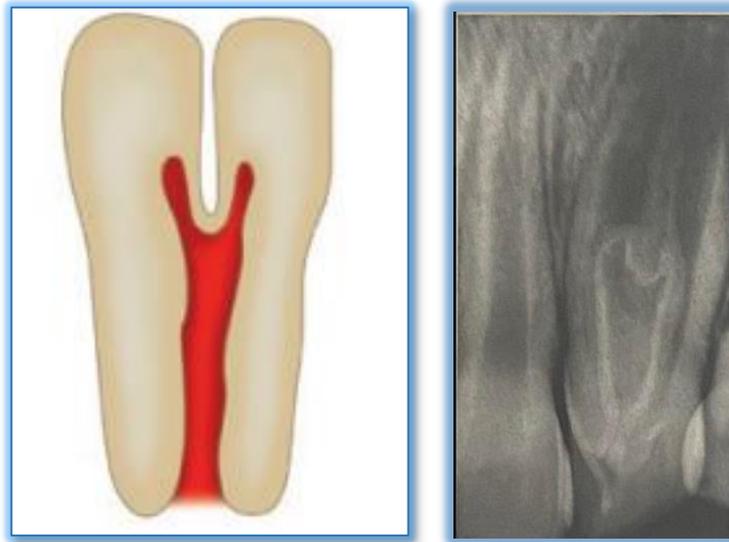


Figura 4 y 5. 4. Representación de un Dens invaginatus, 5. Radiografía periapical que muestra dens invaginatus en un incisivo lateral. ^{20,21}

Dens evaginatus: es una anomalía de desarrollo del diente, en la cual se caracteriza por una cúspide, o tubérculo accesorio. Esta anomalía es relativamente rara, y puede ocurrir en cualquier diente, pero es más frecuente en dientes premolares, su prevalencia esta entre 0,5% y el 4,3%. ²² (Figura 6)

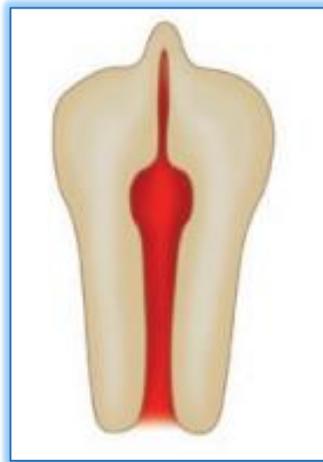


Figura 6. Representación de un Dens evaginatus con una cúspide accesorio. ²³

Los tubérculos de DE suelen estar desgastados o fracturados por el diente antagonista, produciendo una inflamación o infección pulpar.

En ambos casos si esto ocurre durante el desarrollo de la formación radicular dará como resultado un ápice abierto y paredes delgadas del conducto radicular.

6. Valoración del estado pulpar.

Para poder brindarle al paciente un buen tratamiento es indispensable conocer la historia clínica, obtener información con preguntas objetivas, realizar un examen clínico meticuloso y por ultimo auxiliarnos mediante exámenes complementarios.

6.1 Antecedentes.

Para lograr un diagnostico será necesario recopilar los siguientes datos: ^{1,3}

- La historia clínica: conocer las enfermedades sistémicas actuales o pasadas del paciente, así como conocer si se encuentra bajo tratamiento médico.
- La anamnesis: es el proceso de la exploración clínica, que se logra por medio de un interrogatorio odontólogo-paciente, para conocer la causa del dolor.
- El examen clínico: es una recopilación de datos previos. (historia clínica, examen dental y complementarios) para poder determinar un diagnóstico.
- Exámenes complementarios.

Las preguntas sobre los antecedentes dentales, durante el interrogatorio son¹²:

- Localización:
- Comienzo
- Intensidad
- Provocación
- Duración

6.2 Exploración clínica

Durante la exploración se debe ser sistemático con el paciente, tomando en cuenta las maniobras exploratorias. (Inspección, palpación y percusión) ³

- Examen extraoral:
Se recaudan datos sobre: simetría facial, tumefacciones, cicatrices por traumatismos y cambios de color en la piel. ¹³
- Examen intraoral:
Se realiza una inspección en los tejidos de soporte de los dientes; observando que no existan alteraciones como: cambios de color, aumento de volumen o forma. ¹³

6.3 Exploración radiográfica

Una vez finalizado el examen clínico, se podrá hacer uso de una radiografía dental, una radiografía intraoral, solo es utilizada como un auxiliar, para poder determinar un diagnóstico.

En algunas ocasiones será necesario la obtención de varias radiografías con diferente angulación y/o tomar una radiografía interproximal.

Durante la exploración radiográfica en dientes con ápices inmaduros es muy evidente que no existe un cierre apical. (Figura 7 y 8).



Figura 7. Representación radiográfica de un premolar inferior con lesión apical, con paredes delgadas y divergentes y un foramen muy amplio. ²²

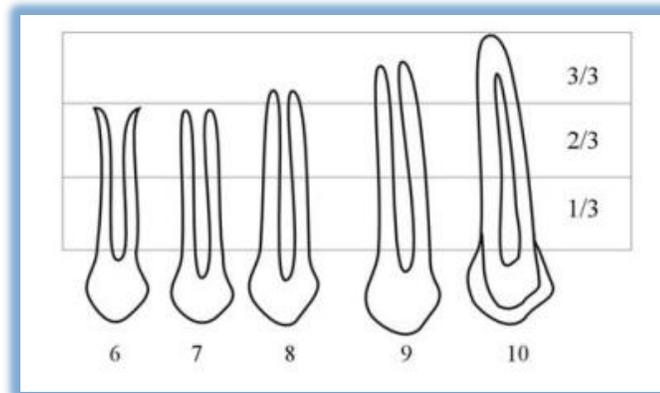


Figura 8. Estadio 6: Dos tercios de formación radicular y paredes divergentes. Estadio 7: Dos tercios de formación radicular y paredes paralelas. Estadios 8: Dos tercios y tres tercios de la

raíz formada y un ápice muy amplio. Estadio 9: casi tres tercios de la raíz formada y ápice abierto. Estadio 10: raíz formada y ápice cerrado. ²⁴

6.4 Pruebas de vitalidad pulpar.

Nos ayudan a identificar la respuesta de las fibras nerviosas a un determinado estímulo; es necesario aplicar las pruebas de vitalidad pulpar a un diente antagonista, para hacer una comparación.

Las pruebas de vitalidad pulpar térmicas y eléctricas solo evalúan la sensibilidad pulpar e indican la respuesta de las fibras nerviosas por medio de un estímulo. ³

Sin embargo, se ha comprobado que existen métodos alternativos, para realizar pruebas pulpares que resultan ser más eficaces.

Modo de empleo para el uso de las pruebas térmicas³: (Tabla 6)

<p>Prueba térmica a frío.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Se utiliza cloruro de etilo 26.2 °C. Con la ayuda de un algodón, sobre la superficie coronaria del diente con aislamiento relativo, por 1 o 2 segundos. (Figura 9)• Estimula a las terminaciones de las fibras alpha y beta. (Figura 9 a y b) <div data-bbox="532 1373 1349 1625"></div> <p>Figura 9 a y b. a) Uso del cloruro de etilo en una torunda de algodón. b) Colocación del algodón en la parte vestibular del diente.²⁵</p>
---------------------------------------	---

<p>Prueba térmica a caliente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se calienta a la llama un trozo de gutapercha y se coloca sobre la superficie dental, el diente previo a la prueba de calor debe ser lubricado con vaselina. (Figura 10) • Estimulación fibras C.^{1,3} <div data-bbox="699 541 1187 856" data-label="Image"> </div> <p>Figura 10. Representación de la prueba de calor con una gutapercha en la parte vestibular del diente. ²⁶</p>
--	--

6.4.1 Pruebas complementarias:

6.4.1.1 Prueba eléctrica:

Se aplica corriente eléctrica a un diente mediante dispositivos (vitalometro) (Tabla 7). La prueba eléctrica estimula las fibras sensoriales pulpaes,

especialmente las de conducción rápida o mielínicas, (alpha y delta). Las fibras amielínicas (C) pueden o no responder ante la prueba. ^{1, 3}

Prueba eléctrica	<p>El vitalómetro es el dispositivo que se usa para generar un estímulo al diente mediante corriente eléctrica. (Figura 11)</p> <p>Se coloca un electrodo en el diente del paciente, colocando una sustancia conductora (pasta dental), la goma o punta conductora se coloca en el tercio medio de la superficie vestibular.</p> <p>Con un reóstato se va incrementando la intensidad de la corriente, hasta que el paciente nota una sensación de hormigueo.</p> <p>Evalúan la respuesta alpha y Beta.</p> <div data-bbox="792 1108 1144 1402" data-label="Image"></div> <p>Figura 11. Vitalómetro dispositivo para valorar la pulpa dental.²⁷</p>
------------------	--

6.4.1.2 Oximetría de pulso:

Un oxímetro de pulso convencional es un dispositivo que utiliza una sonda que contiene dos diodos emisores de luz (LED): transmite una luz roja (aproximadamente 660 nm) y el otro transmite luz infrarroja (900 a 949 nm), para medir la absorción de la hemoglobina oxigenada y desoxigenada y determinar los niveles de saturación de oxígeno. ²⁸

La prueba de la oximetría de pulso, y su uso en endodoncia es eficaz para su diagnóstico; evaluando la vascularidad de la pulpa.²⁹ (Tabla 8)

Es especialmente aplicable en un evento de traumatismo dental reciente, porque existe una parestesia temporal de los nervios reduciendo la eficacia y la confiabilidad de los métodos de prueba de sensibilidad pulpar.

Se refleja una luz a través del diente y para detectar la absorción de la luz se utiliza la espectrofotometría (cantidad de radiación o luz emitida y controlada hacia un objeto, para la medición de absorción o transmisión de luz) de doble longitud de onda, la fotopletimografía (medición de los cambios de volumen en cualquier parte del cuerpo como resultado de las pulsaciones de sangre que ocurre en cada latido, se mide por ml de sangre/minuto) y la oximetría de pulso. ³⁰ (Figura 12) (Tabla 9)

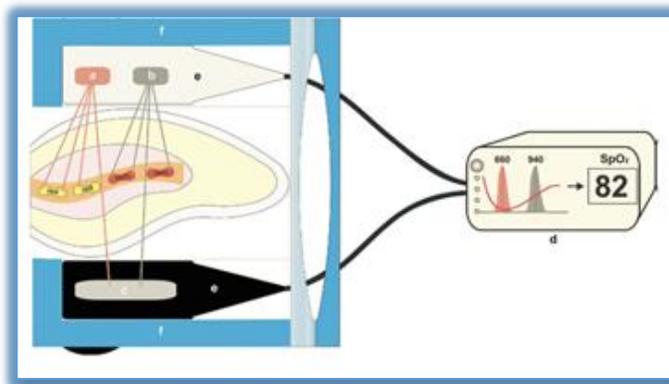


Figura 12. Representación de oximetría de pulso, por medio de luz roja. Mide el flujo

sanguíneo. Método no invasivo. ³⁰

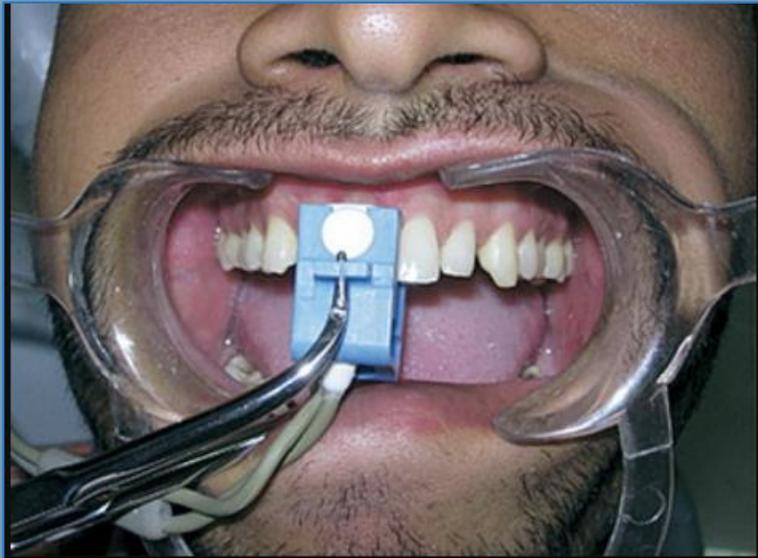
I. Ventajas y desventajas de la oximetría de pulso (Tabla 8)

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> -No genera molestia o dolor durante las pruebas de vitalidad pulpar -No se requiere una respuesta subjetiva del paciente -Precisión durante la prueba pulpar -Útil en el diagnóstico en dientes permanentes inmaduros. 	<p>Pueden dar lecturas falsas si el paciente presenta alguna alteración como:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aumento de pulsaciones -Hipotensión -Trastornos de hemoglobina -Movimientos del cuerpo <p>Interferencias extrínsecas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Movimiento de la sonda -Lámpara de xenón (interferencia electromagnética) -No apto para restauraciones extensas.

Velayutham y cols. encontraron que la sensibilidad de la oximetría de pulso fue de 1 en comparación con 0,81 en la prueba de frío y 0,71 con la prueba

eléctrica. La especificidad de la oximetría de pulso fue de 0,95 en comparación con 0,92 en las pruebas de frío y eléctricas. ³¹

ii. Modo de empleo de la oximetría de pulso: ^{3,29} (Tabla 9)

<p>Oximetría de pulso</p>	<p>Se realiza la técnica de aislamiento relativo, con ausencia de luz del reflector del sillón dental, se coloca el sensor al diente a evaluar, de manera de que el LED (emisor) y el fotodetector estén paralelos entre sí, permitiendo que el dispositivo lea y registre el nivel de saturación.^{1,3,29} (Figura 13)</p>  <p>Figura 13. Colocación del sensor el LED y el fotodetector se encuentran paralelos para evaluar la oximetría. ³²</p>
---------------------------	---

6.5 Percusión:

Es el acto de golpear sutilmente en la parte incisal, oclusal, y las caras labial o lingual de un diente, con la ayuda de un mango del espejo bucal. (Tabla 10)

El dolor a la percusión es un signo de inflamación en el ligamento periodontal. Cuando se extiende una patología hacia el ligamento periodontal, el paciente ya es capaz de localizar el dolor con mayor precisión. ¹

6.5.1 Modo de empleo para realizar las pruebas de percusión dental. ^{1,3}(Tabla 10)

<p>Prueba de percusión Horizontal</p>	<p>Si la respuesta a la percusión es positiva, el problema es periodontal.^{1,3} (Figura 14)</p>  <p>Figura 14. Prueba de percusión horizontal en un diente incisivo central con el extremo de un mango de espejo. ³³</p>
---------------------------------------	--

<p>Prueba de percusión. Vertical</p>	<p>Si la respuesta es positiva, su alteración es de origen endodóntico.^{1,3} (Figura 15)</p>  <p>Figura 15. Prueba de percusión vertical en la zona incisal en un diente central.³⁴</p>
--	---

7. Indicaciones para el tratamiento de apexificación.

El tratamiento de apexificación es indicado a pacientes con dientes permanentes con una formación incompleta de la raíz radicular y pulpa necrótica.³⁸

8. Contraindicaciones

- Dientes que presenten raíces cortas.

Para que sea considerado una raíz corta o enana, la raíz es menor o igual al tamaño de la corona dental. La relación corona-raíz es 2:1.³⁵

- Diente con fractura radicular horizontal desfavorable (cerca del margen gingival)

- Diente con fractura radicular vertical
- Diente muy cariado que no pueda ser restaurado.
- Dientes adultos con conductos estrechos y ápices calcificados ^{5,13}

9. Necrosis pulpar

Como lo hemos mencionado la muerte del tejido vasculonervioso es la causa para que se produzca el cese del desarrollo y cierre radicular, debido a diversos factores (químicos, físicos) siendo el resultado de una pulpitis irreversible; produciendo una descomposición, séptica o no, del tejido conectivo pulpar que cursa con la destrucción del sistema micro vascular y linfático, de las células y, en última instancia de las fibras nerviosas. ³

En la tabla 11, presenta de forma resumida; la etiología, características clínicas y características radiográficas y tratamiento de la necrosis pulpar. ^{3,5,13}

Tabla 11.	
Etiología	Traumatismo dental Alteración del desarrollo Pulpitis irreversible (no tratada)
Características	Asintomático, mientras no afecte a los tejidos periapicales. A las pruebas térmicas y eléctricas son negativas. Cuando las bacterias se extienden hacia el espacio del ligamento periodontal, el diente puede comenzar a ser sintomático a la percusión o mostrar un dolor espontáneo.

Radiográficamente	Ensanchamiento del espacio del ligamento periodontal y puede presentar una lesión radiolúcida periapical.
Tratamiento	Necropulpectomía

10. Tratamiento.

Se realiza una limpieza, desinfección y preparación del conducto radicular; posteriormente se induce o se crea una barrera apical.³⁴

11. Materiales

11.1 Hidróxido de calcio

En 1920 Herman implemento el uso del hidróxido de calcio en endodoncia, el CaOH₂, es el material más utilizado para el tratamiento de apicoformación.¹² El hidróxido de calcio es un medicamento intraconducto antiséptico de acción lenta que necesita un periodo de 24 horas para eliminar por completo los estreptococos y un periodo de contacto de 1 semana, para lograr una tasa de reducción bacteriana de 92,5 %³⁷

La tasa de éxito de la formación de la barrera apical con hidróxido de calcio es del 74-100%.¹²

El tiempo requerido para que se logre un cierre apical en un tratamiento de apexificación con el hidróxido de calcio es de 5 a 20 meses, y es necesario su recambio cada 3 meses; asegurando su cierre apical, según diversos estudios.¹²

Existen desventajas por el uso prolongado del hidróxido de calcio, entre ellas son ^{22,38}:

- Riesgo de re contaminación
- Fracturas de los dientes
- Múltiples visitas al odontólogo para concluir el tratamiento.

11.2 Indicaciones para el hidróxido de calcio:

- Forro o recubrimiento indirecto: se coloca sobre la dentina donde no exista comunicación con la pulpa.
- Forro o recubrimiento indirecto: sobre la dentina donde existe comunicación con la pulpa.
- Medicación intraconducto.
- Cierre biológico del foramen apical.
- Resorciones radiculares. ^{1,3,12,38}

11.3 Composición

Constituye una base fuerte (pH 12,6), poco soluble en agua, obtenida del calentamiento de del carbonato de calcio hasta su transformación en óxido de calcio. Con la hidratación del óxido de calcio se llega al hidróxido de calcio.

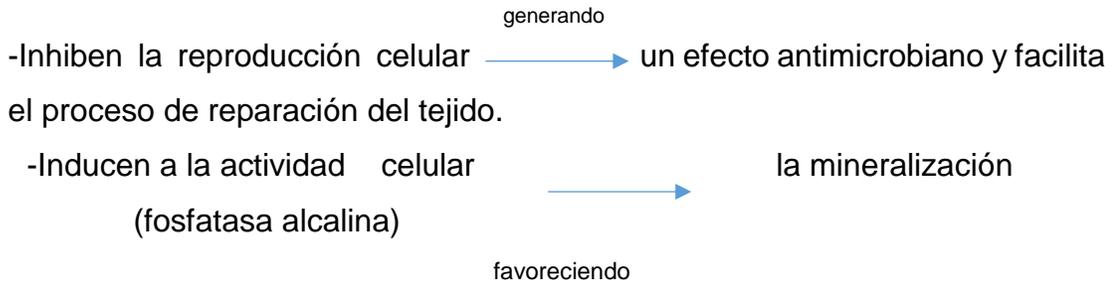
^{13,38}

11.4 Propiedades

En el hidróxido de calcio ocurre una disociación iónica en iones de calcio e iones de hidroxilo, favoreciendo sus propiedades antimicrobianas e inductor de tejido mineralizado. ¹³

11.5 Mecanismo de acción

Causan dos tipos de efectos sobre los microorganismos: ¹³



Se expresan en la síntesis de la pared celular, en la estructura de la membrana celular, en la síntesis de las proteínas, en la replicación cromosómica y en el metabolismo intermedio. ¹³

Kodukula menciona que en condiciones elevadas de pH, la actividad enzimática de las bacterias es inhibida por la liberación de iones de hidroxilo del hidróxido de calcio alteran la integridad de la membrana citoplasmática. Mediante la destrucción de fosfolípidos o ácidos grasos insaturados, durante el proceso de peroxidación lipídica, causando una reacción de saponificación.

Safavi y Nichols estudiaron el efecto del hidróxido de calcio sobre el lipopolisacárido bacteriano, demostrando que los iones de hidroxilo, hidrolizan el LPS de la pared celular de las bacterias. ¹³

Para mejorar sus propiedades físico-químicas del hidróxido de calcio durante el tratamiento de apexificación; las citas son forzosamente prolongadas, es por

ello que necesitamos un vehículo ideal para mezclarlo con el hidróxido de calcio y actué liberando poco a poco los iones de hidróxilo.^{1,3,13, 38}

11.6 Características de los vehículos para el hidróxido de calcio

Estas combinaciones reciben el nombre de pastas alcalinas por su elevado pH. Los vehículos para la mezcla con el hidróxido de calcio son: acuoso, viscoso y aceitoso. Algunos vehículos pueden alterar el pH del hidróxido de calcio.^{1,3,12,38,40} (Tabla 12)

Clasificación de los vehículos de las pastas alcalinas (Tabla 12)		
Acuoso	Viscoso	Aceites
<p>En esta mezcla ocasiona una liberación más rápida de iones, se solubiliza en los tejidos.</p> <p>Ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -H₂O -Solución salina -Sol. Metilcelulosa 	<p>Disminuye la solubilidad y prolonga su liberación.</p> <p>Ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Glicerina -Polietilenglicol -Propilenglicol 	<p>Su objetivo es retardar aún más su liberación iónica durante tiempos prolongados.</p> <p>Ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aceite de oliva y silicona Paramonoclorofenol alconforado (PMCF). Ácidos grasos como: -Oleico y linoleico

Descripción de los vehículos. ^{1,3,5,39,40,41}

- H₂O:
Es el disolvente acuoso más utilizado como vehículo para el hidróxido de calcio, ya que es compatible fisiológicamente y no presenta toxicidad.
- Solución salina:
Es una solución estéril de cloruro de sodio al 0.9%. Funciona como vehículo con el hidróxido de calcio y su disociación iónica es considerablemente rápida.
No produce daños en el tejido removiendo los detritos de forma débil en el interior de los conductos radiculares (minimiza la irritación y la inflamación de los tejidos), es una solución biocompatible, produce desbridamiento y lubricación.
- Glicerina:
O glicerol es un líquido más viscoso que el propilenglicol, posee características higroscópicas.
- Propilenglicol: El propilenglicol (1,2-propanodiol), un alcohol dihidrico, es un vehículo que tiene potencial para su uso en el tratamiento radicular. Líquido incoloro, baja toxicidad, actividad antimicrobiana, higroscópico.
- Paramonoclorofenol alcanforado (PMCF):
Presenta doble acción antiséptica, contiene fenol y cloro, que es liberado lentamente. El alcanfor disminuye la acción irritante del fenol, resultado de bajo poder de agresión para los tejidos vivos. Al contacto con material orgánica se neutraliza la pasta.

Es importante mencionar que la mezcla de algunos vehículos con el hidróxido de calcio poseen mejora en las cualidades del pH, el Dr Estrela y colaboradores estudiaron su comportamiento durante un periodo de 0 a 160

días. Los resultados fueron que las pastas con vehículos no fenólicos (agua deionizada, propilenglicol, lauril dietileno éter, sulfato de sodio y tween 80) arrojaron resultados de pH arriba de 12, mientras que el PMCC, durante la observación obtuvo un pH de 7,8; finalizando en un pH de 5. ¹²

Por otro lado el PMCF tuvo un pH de 7,0 y con la mezcla del vehículo fue un pH de 10. ¹² (Figura 16).

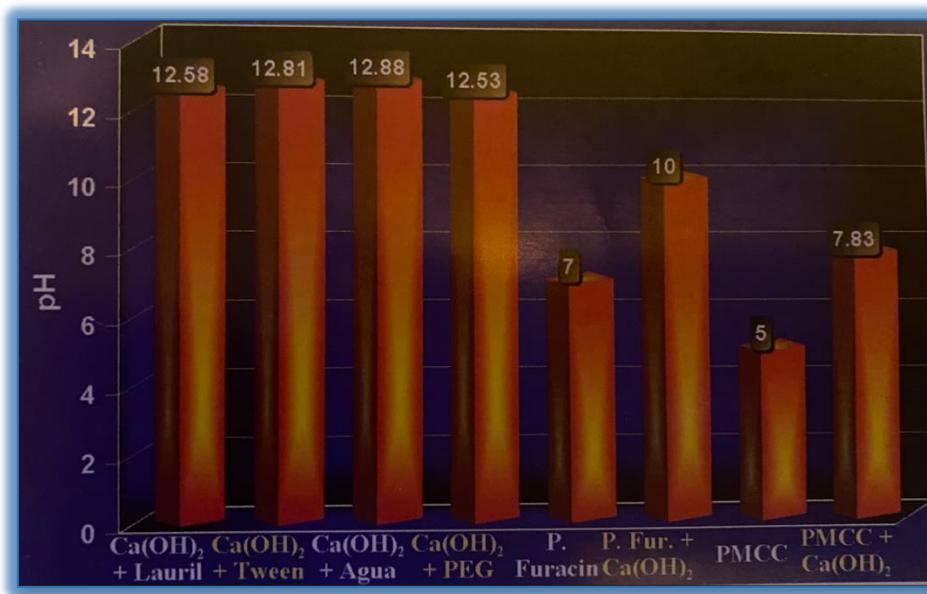


Figura 16. Grafica de pH de diversos vehículos con el hidróxido de calcio (pastas alcalinas)¹².

Safavi y Nakayama analizaron como vehículos a la glicerina y propilenglicol en la disociación iónica con el hidróxido de calcio, obteniendo como resultados que el uso a elevadas concentraciones de estos vehículos pueden decrecer la efectividad del hidróxido de calcio como medicamento intraconducto. ¹²

11.7 Pastas antibióticas:

El antibiótico tetraciclina ha sido combinado con una pasta antibacteriana intracanal (ledermix). Donde existen casos favorables para una correcta desinfección.⁴⁴

La pasta ledermix; ha sido utilizado como un compuesto glucocorticoesteroide antibiótico, su uso en odontología es reducir la resorción radicular inflamatoria externa y como medicamento intraconducto.⁴⁴

Ciprofloxacina 200 mg	+ Metronidazol 500 mg	+ Minociclina 100 mg	= Pasta triple Antibiótica
--------------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------------

Composición:

- Demeclociclina al 3.2%
- Triamcinolona 1%
- En una base de polietilenglicol.

Realizando una mezcla 50:50 de pasta Ledermix e hidróxido de calcio, la pasta antibiótica se encuentra indicado para antes del tratamiento de apexificación, para una correcta desinfección.

La indicación para el uso de esta pasta es la desinfección del conducto, sin instrumentar.

Se deja la mezcla en el conducto radicular en un lapso de 4 semanas para asegurar que el diente permanezca libre de bacterias y desinfectar tejidos necróticos antes de crear un tapón apical o la formación de un coagulo de sangre.

La pasta Ledermix posee un efecto antiinflamatorio y es un buen agente antimicrobiano frente a bacterias gram negativas en pulpas necróticas.⁴²

12. Silicato tricálcico o agregado de trióxido mineral (MTA)

Torabinejad en 1999 recomendó el uso de agregado de trióxido mineral (MTA), como un material para diversos usos dentro de los cuales está la formación de una barrera apical artificial, previniendo la extrusión de material de obturación.^{12,43,46} Desde entonces se ha convertido en un material de elección para el tratamiento en apexificación.

El uso de MTA se puede realizar en tres visitas y complementarlo con el hidróxido de calcio como medicamento intraconducto para disminuir la carga bacteriana.^{13,45,48,49}

12.1 Composición:

El MTA es un polvo que consta de pequeñas partículas hidrófilas que fraguan en presencia de humedad. La hidratación del polvo forma un gel coloidal que produce una estructura dura.^{13,48} (Tabla 13)

Tabla 13.	
75%	Silicato tricálcico: $3 \text{ CaO} - \text{SiO}_2$ Aluminato tricálcico: $3 \text{ CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ Silicato di cálcico: $2 \text{ CaO} - \text{SiO}_2$ Aluminato férrico tetra cálcico: $4 \text{ CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$

20%	Óxido de bismuto: Bi_2O_3 (radiopacidad)
4,4%	Sulfato de calcio di hidratado: $\text{CaSO}_4 - 2\text{H}_2\text{O}$
0,6%	Sílice cristalina Óxido de calcio Sulfato de potasio y sodio Residuos insolubles

12.2 Propiedades.

12.2.1 Alcalinidad

Es un cemento muy alcalino. Después de su hidratación con agua bidestilada su pH es de 10,2 y a las 3 horas se estabiliza en 12,5.¹³

12.2.2 Radiopacidad:

Una característica importante de un material de obturación es que debe ser radiopaco. El MTA presenta más radiopacidad que la dentina y la gutapercha. El óxido de bismuto es quien le brinda la radiopacidad al MTA.^{13,41,49}(Imagen 18).



Figura 17. Radiografía periapical de un diente central con un tapón apical de MTA. Zona radiopaca a nivel apical.⁴⁶

12.2.3 Tiempo de endurecimiento.

La hidratación de MTA resulta en un gel coloidal que solidifica de 3 a 4 horas. Las características del agregado dependen del tamaño de la partícula, la proporción polvo-liquido, temperatura, presencia de agua y aire comprimido.^{13,45}

12.2.4 Solubilidad:

Es resistente a la disolución o la descomposición por parte de los fluidos tisulares.¹³

12.2.5 Manipulación:

El polvo debe almacenarse en contenedores sellados herméticamente y lejos de la humedad. El polvo (idealmente un gr por porción) debe ser mezclado con agua estéril en una proporción 3:1 en una loseta o en bloc de papel con una espátula de plástico o metal. Si el área de aplicación está muy húmeda se puede limpiar con una gasa o algodón.¹³

12.2.6 Mecanismo de acción:

Se ha demostrado que el MTA, produce la liberación de iones de calcio, induce a la mineralización ósea, produce una reparación de los tejidos perirradiculares, induce la neoformación de cemento perirradicular, activa a los cementoblastos, induce el reclutamiento y proliferación celular para formar un puente dentinario, reduce la inflamación y al colocarlo en contacto con las células de la pulpa dental, la diferencia en odontoblastos.^{13,45}

Estimula la liberación de las citocinas de los osteoblastos, promoviendo la formación de tejido duro. ¹²

13. Comparación de acuerdo entre el número de visitas al consultorio dental, manipulación, costos y tiempo de endurecimiento del Hidróxido de calcio y MTA durante el tratamiento de apexificación.

	Hidróxido de calcio	Agregado de Trióxido Mineral (MTA)
Duración del tratamiento.	10 a 12 citas 9 meses, citas cada 3 semanas.	3 citas. Cada 4 semanas, desde la primera visita.
Manipulación	El hidróxido de calcio debe ser mezclado con un vehículo ideal, para el tratamiento de apicoformación, la mezcla debe ser espesa. Se pueden utilizar instrumentos endodónticos o aplicadores especiales, para su colocación y para conseguir una máxima efectividad, se debe llenar el conducto radicular, hasta la longitud de trabajo.	En la primera cita deber ser acondicionado con hidróxido de calcio. El polvo se mezcla con agua destilada en proporción 3:1 sobre una loseta de vidrio o papel, durante 30 segundos, con una espátula de plástico o metal hasta obtener una consistencia pastosa. El material se introduce en la región apical por medio de instrumentos especiales, o materiales endodónticos. Se coloca 3 mm. Del límite apical. Se debe comprobar por medio de una radiografía periapical. Sobre el material del MTA se debe colocar un algodón humedecido, y restaurar el diente.

Fraguado	Depende el vehículo para realizar la pasta.	4 horas
Costo	Económico	No económico
Instrumentos para la colocación de la barrera apical.	<p>-Acondicionado en tubos de anestesia (formula Endo-FOA, 1986). Con una jeringa carpule y agujas gauge 27.</p> <p>-Limas endodónticas</p> <p>-Léntulo</p> <p>-Aplicadores de hidróxido de calcio. (Figura18)</p>	<p>-Porta amalgama de punta fina.</p> <p>-Map system (Figura 19)</p> <p>-Aplicador de MTA (ángelus)</p> <p>-Instrumentos de endodoncia punta roma</p> <p>-Condensadores</p> <p>-Puntas de papel</p>
		
	<p>Figura 18. Aplicador de CaOH₂ comercial.⁴⁸</p>	<p>Figura 19. Dispensador Map System para la infiltración del MTA. 49</p>

14. Técnicas en el tratamiento de apexificación.

14.1 Formación de un coagulo de sangre en el tercio apical.

- a) Primera cita; realizar una historia clínica y dental, y establecer un diagnóstico.
- b) No es necesario administrar anestesia; se realiza aislamiento absoluto y se elabora la cavidad de acceso a cámara y conductos.
- c) Irrigar con hipoclorito de sodio al 5.25%, se seca con puntas de papel estériles y se coloca una mezcla de ciprofloxacina (200 mg), metronidazol (500 mg) y minociclina (100 mg) en una base de macrogol/propilenglicol en la parte apical con un léntulo. Sellar con una restauración provisional. (Imagen 20 A) Toma de radiografía.
- d) Segunda cita: se cita al paciente en 4 semanas después.
- e) Se anestesia localmente con 3% de mepivacaína sin vasoconstrictor.
- f) Se realiza aislamiento absoluto. Se vuelve abrir el acceso a la cámara pulpar y se irrigan los conductos radiculares con solución salina estéril para eliminar la pasta del antibiótico triple, posteriormente con solución de hipoclorito de sodio a 5.25%, se mantiene en el conducto radicular aproximadamente 3 minutos, se seca el conducto con puntas de papel estériles.
- g) Se introduce una lima K#40 en el conducto radicular a través del foramen apical, para estimular el sangrado de los tejidos periapicales hacia el conducto radicular y cámara pulpar. Con una torunda de algodón estéril se aplica presión en la cámara de la pulpa durante 15 minutos hasta obtener hemostasia y permitir la formación del coagulo de sangre en el conducto radicular.

- h) Se sella con MTA a una distancia aproximadamente de 5mm a nivel apical antes de obturar con una restauración provisional; se coloca una torunda de algodón húmedo de 3 mm sobre la MTA. Se toma radiografía de control. (Imagen 20 B)
- i) Tercera sesión: se cita al paciente una semana después. Se obtiene una radiografía, si el diente se encuentra asintomático, se remueve la restauración y se reemplaza por una restauración de resina definitiva.
1,2,3,50,51 (Imagen 20 C)

Se sugiere seguimiento del caso de 6, 12, 18 y 24 meses.

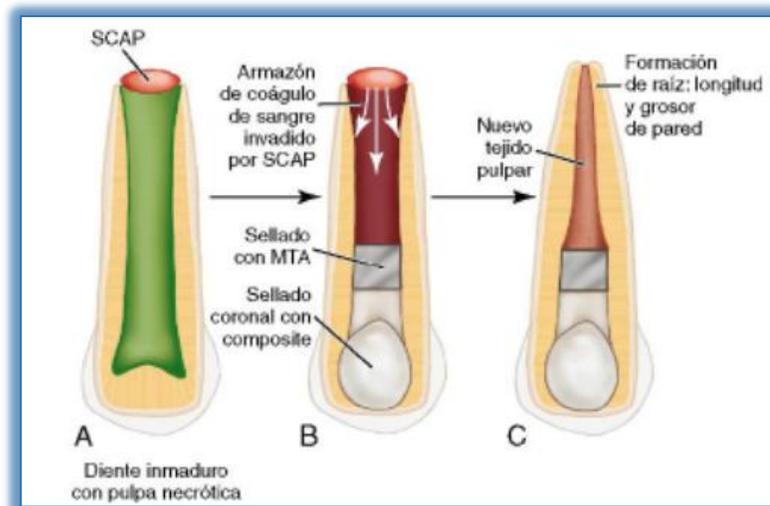


Imagen 20. Representación de la regeneración pulpa. A, diente con ápice abierto, no vital, en la zona apical se encuentran células madre de la papila apical SCAP (stem cells from apical papila). B, después de medicar el conducto con pasta antibiótica triple, 4 semanas después se estimula el sangrado a nivel cervical. Se cubre el coágulo de sangre con MTA y

una restauración provisional. C, Se mantiene bajo observación y esperar a que la regeneración pulpar permita la formación de la raíz del diente. ⁵²

14.2 Apexificación con hidróxido de calcio.

- a) Realizar una historia clínica y dental, y establecer un diagnóstico.
- b) Primera cita: establecer medidas de asepsia con aislamiento absoluto.
- c) Eliminar la caries de la corona y de restauraciones defectuosas.
- d) Preparación de acceso cameral y eliminar el tejido.
- e) Localizar el orificio de entrada del conducto radicular.
- f) Establecer en la radiografía inicial la longitud aparente de trabajo. Se utilizara la técnica radiográfica, ya que está contraindicado el uso del localizador de ápice electrónico en dientes inmaduros (no existe un foramen apical y se puede introducir la lima hacia los tejidos). Eligiendo como referencia el extremo más corto de la pared radicular. Situándola a 1-2 mm menos para no lesionar el tejido periapical.
- g) Irrigar la cámara pulpar con hipoclorito de sodio al 5.25%
- h) Obtener la longitud real de trabajo.
- i) Preparación del conducto con limas K o H de calibre elevado, se efectúa un limado circunferencial, ampliando la zona más estrecha del conducto en la zona cervical, removiendo los restos presentes en el conducto, alisando sus paredes, pero sin querer ampliarlas, ya que se podrían debilitar aún más. Irrigar con hipoclorito de sodio al 2.5%.
- j) Secar el conducto con puntas de papel absorbentes de calibre elevado.
- k) Mezclar el hidróxido de calcio con el vehículo ideal. La pasta se introduce hasta el límite de la instrumentación mediante léntulos o compactadores, y es condensada hacia apical mediante condensadores. Se introduce más pasta, hasta conseguir una

consistencia densa. Se obtura la cámara con un material temporal que produzca un sellado marginal hermético, con un grosor de 2mm.

- l) Segunda cita: aplicar nuevamente el protocolo de limpieza y desinfección, preparar y conformar en lo posible el conducto radicular.
- m) Depositar hidróxido de calcio; siguiendo los pasos anteriores y colocar una obturación temporal.
- n) Cada 30 días se citara al paciente con el fin de cambiar el hidróxido de calcio, obtener una radiografía y valorar el estado de la longitud radicular y el cierre apical.
- o) Una vez que se ha completado el desarrollo radicular y el ápice ha cerrado (pueden transcurrir 12, 18 o 24 meses), se realiza la limpieza, desinfección, remoción de hidróxido de calcio y se realizará la
- p) obturación definitiva del conducto radicular con gutapercha y cemento sellador.
- q) Se mantiene al paciente en control al menos por 24 meses más. (Imagen 22 a,b y c tratamiento de apexificación con CaOH_2 ^{2,3,8,13,38,57}

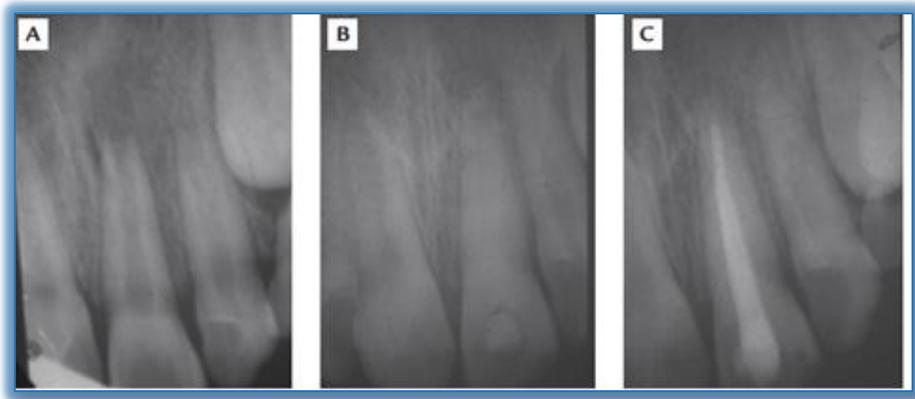


Imagen 21 a, b y c. Radiografía periapical de un incisivo permanente inmaduro con necrosis pulpar, con tratamiento de apexificación tratado con hidróxido de calcio. a. en la radiografía se muestra una lesión apical y un ápice abierto. b. Radiografía 9 semanas después del

tratamiento. Se puede apreciar el relleno en el conducto radicular y una cicatrización parcial en la zona apical. c. radiografía 10 semanas después del tratamiento inicial, se realizó tratamiento de conductos y se obturo con gutapercha en el conducto radicular. En la radiografía existe una barrera apical. ⁵³

14.3 Apexificación con Agregado de Trióxido Mineral (MTA).

- a) Realizar una historia clínica y dental, y establecer un diagnóstico.
- b) Primera cita: establecer medidas de asepsia con aislamiento absoluto.
- c) Eliminar la caries de la corona y de restauraciones defectuosas.
- d) Preparación de acceso cameral y eliminar el tejido.
- e) Localizar el orificio de entrada del conducto radicular.
- f) Establecer en la radiografía inicial la longitud aparente de trabajo. Se utilizara la técnica radiográfica, ya que está contraindicado el uso del localizador de ápice electrónico en dientes inmaduros. Eligiendo como referencia el extremo más corto de la pared radicular. Situándola a 1-2 mm menos para no lesionar el tejido periapical.
- g) Irrigar la cámara pulpar con hipoclorito de sodio al 5.25%
- h) Obtener la longitud real de trabajo.
- i) Preparación del conducto con limas K o H de calibre elevado, se efectúa un limado circunferencial, ampliando la zona más estrecha del conducto en la zona cervical, removiendo los restos presentes en el conducto, alisando sus paredes, pero sin querer ampliarlas, ya que se podrían debilitar aún más. Irrigar con hipoclorito de sodio al 2.5%.
- j) Secar el conducto con puntas de papel absorbentes de calibre elevado.
- k) Colocación de hidróxido calcio por 7 días, mezclarlo con un vehículo viscoso ya que su liberación de iones es lenta, la pasta se introduce hasta el límite de la instrumentación mediante léntulos o

compactadores, y es condensada hacia apical mediante condensadores. Se introduce más pasta, hasta conseguir una consistencia densa. Se obtura la cámara con un material temporal que produzca un sellado marginal hermético, con un grosor de 2mm.

- l) Segunda cita: colocar el sello apical de MTA, con ayuda de un porta amalgamas, condensándolo en la zona apical con base a su longitud de trabajo real.
- m) Ya que se ha formado un sello apical de entre 4-5 mm, se coloca una punta de papel impregnado en agua para favorecer el endurecimiento del MTA.

El MTA endurece después de 4 horas, se concluye el tratamiento obturando con la técnica de gutapercha termoplastificada.

Seguimiento de un caso clínico:

- Paciente masculino de 11 años de edad.
- ASA 1
- Dens Evaginatus en diente tubérculo fracturado.
- Movilidad OD 45 Grado 1.
- Tratamiento de apexificación con MTA.
- (Imagen 23 a, b, c, d, e y f) ^{1,2,3,13,45,46,48}

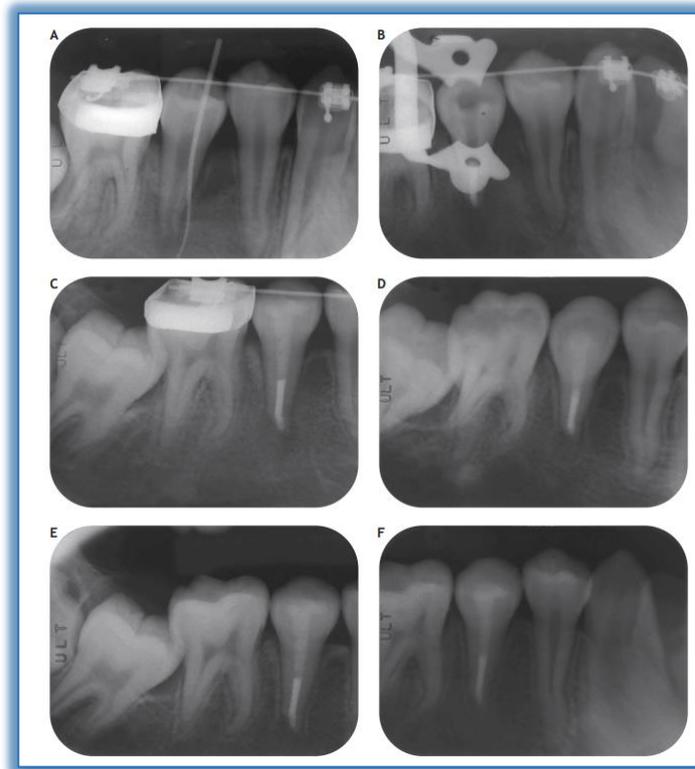


Imagen 23. Radiografías periapicales. a) Radiografía inicial, se observa una gutapercha en el seno bucal del diente 45, lesión apical, se observan paredes divergentes en las paredes radiculares y un foramen abierto. Se aprecia dens evavinatus en dientes 44 y 45. b) colocación del MTA a 5mm a nivel apical. c) radiografía que muestra resina compuesta en el conducto radicular. d y e) radiografías de seguimiento a los 3 y 6 meses. Se observa una cicatrización ósea. f) radiografía de seguimiento de 1 año. No se observan lesiones apicales.⁵⁴

15. Histología de la apicoformación

Histológicamente el cierre apical de ápices inmaduros y necrosis pulpar después del tratamiento de apexificación se puede clasificar en: ⁵⁹

- Tejido mineralizado similar al cemento: se produce la formación de un tejido mineralizado que converge desde los bordes de la raíz hacia el centro, hasta que se complete el cierre.

- Tejido mineralizado similar al hueso: el tejido óseo recién formado ayuda a la reparación periapical formando una barrera física a la altura del foramen, donde puede ajustarse el límite apical de la obturación endodóntica definitiva.
- Tejidos formados en el conducto radicular: existe la posibilidad donde el tejido periodontal se invagine hacia el interior del conducto radicular y genere el depósito de calcificaciones que formarán la barrera. (forámen amplio).
- Con formación de un ápice radicular de crecimiento irregular: existen condiciones en donde existe un depósito irregular de tejido mineralizado sobre la zona apical de la raíz que simula un crecimiento radicular amorfo.

16. Discusión

Se realizó una revisión bibliográfica sobre la eficacia de los materiales; hidróxido de calcio y el Agregado de Trióxido Mineral (MTA), en las técnicas del tratamiento de apexificación y se comprobó que ambos materiales inducen y forman una barrera apical para posteriormente realizar la obturación del conducto radicular.

La apicoformación es el tratamiento de elección para dientes inmaduros necróticos que aún su desarrollo radicular no se encuentra completo. Generalmente la apexificación es un tratamiento para niños y adolescentes ya que debido a diversos factores como la caries dental, lesiones dentales traumáticas y anomalías de desarrollo; afectan al desarrollo radicular y con base a los estudios la formación del desarrollo radicular termina 3 años después de la erupción dental permanente.

Tanto el MTA y el hidróxido de calcio logran un cierre apical pero existen casos donde el hidróxido de calcio requiere más visitas al consultorio dental para lograr su objetivo, pero es más accesible en cuanto a costo de materiales e instrumentos. Mientras que el MTA requiere menos visitas para finalizar el tratamiento.

El hidróxido de calcio inhibe la reproducción celular generando un efecto antimicrobiano, y por otro lado induce la actividad celular favoreciendo la mineralización de los tejidos, donde existe una disociación iónica en iones de calcio e iones de hidroxilo. También promueve la barrera apical por medio de las células osteoclastos.

Diversos estudios señalan el uso adecuado de vehículos para las pastas alcalinas, y señalan que los vehículos acuosos son los ideales para un tratamiento de apexificación. Otros sugieren el uso de pastas antibióticas antes

de realizar el tratamiento, para mantener desinfectado el conducto radicular y tener un mejor pronóstico durante la apexificación.

El tejido similar al cemento es el tipo de cierre apical ideal después de una apicoformación, ya que puede favorecer un cierre completo. Se considera que existe un cierre apical, mas no existe un incremento de la longitud de la raíz.

17 .Conclusiones

Es importante obtener un buen diagnóstico para poder determinar un plan de tratamiento favorable en el caso de dientes inmaduros con ápice abierto es necesario actuar rápido y mantener un tratamiento conservador antes de someter a una extracción dental.

El uso del MTA en el tratamiento de apexificación induce la formación de tejido duro apical en dientes inmaduros. Gracias a sus propiedades antibacterianas. Con el MTA las citas se vuelven más cortas en comparación con el hidróxido de calcio, no existe un recambio de material constante, pero en la primera cita se puede auxiliar del hidróxido de calcio para disminuir la carga bacteriana.

Con base en los hallazgos que encontramos en esta revisión el hidróxido de calcio puede tener un mal pronóstico debido a los recambios constantes de este material y en el caso de tratamiento con apexificación es recomendable el uso de un vehículo viscoso de liberación prolongada que permite una disociación iónica lenta durante 30 días y también permitirle al paciente menos citas a la consulta dental. Hay que considerar que durante el tratamiento de apexificación pueden existir complicaciones como fracturas coronales y apicales debido a que ya no existe un aporte vascular y el diente se encuentra muy frágil.

Será necesario explicarle al paciente las ventajas y desventajas de cada material y los procedimientos durante y después del tratamiento para que él pueda hacer una elección responsable. Ya que el tratamiento requiere un

compromiso del paciente para obtener un buen pronóstico y por parte del odontólogo la obligación es realizar una buena historia clínica que nos lleve a un adecuado diagnóstico y así poderle ofrecer diferentes alternativas de tratamiento para brindarle una mejor salud dental.

18. Referencias

1. Canalda Shali C, Brau Aguadé E, Canalda O, Manguillot Bonet A. Endodoncia técnicas clínicas y bases científicas. 3ª. Edición. Elsevier Masson.
2. Raúl García A, Benjamín Briseño M. Endodoncia I. Fundamentos y clínicas. 1ª edición. Dirección General de publicaciones y fomento Editorial.
3. Cohen S. Hargraves K, Vías de la pulpa, Elsevier. Decima edición elsevier Health Science; 2011.
4. Licette Reyna, 2022 [diente con ápice abierto y tapón apical]
5. Coaguila Llerena H, , Denegri Hacking A. Uso de barreras apicales y apexificación en endodoncia. Revista Estomatológica Herediana [Internet]. 2014;24(2):120-126. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=421539381009>
6. Soares IJ, Goldberg F, González M, Soares IJ. Endodoncia: técnica y fundamentos Segunda edición. Editorial Medica Panamericana 2012.
7. Bordoni N, Escobar Rojas A, Castillo Mercado R. odontología pediátrica : la salud bucal del niño y el adolescente en el mundo actual [internet] Editorial Médica Panamericana; 2010 [citado 2022 Octo 20] disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001001703566&lang=es&site=eds-live>
8. Lasala A. Endodoncia 4ta edición. Editorial Salvat. 1992
9. Gutiérrez Marisa, Fadel Patricia. Tratamiento del diente joven (Imagen). Capitulo 11. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/16690/Tratamiento%20del%20diente%20permanente%20joven.pdf?sequence=3>
10. Nolla C. The development of the permanent teeth. J Dent Child. 1960, 27(4):254-66
11. Hernández Zuleima, Acosta María, Comparación y edad cronológica dental y según índices de Nolla y Dermijian en pacientes con acidosis tubular renal (Imagen). Brasil, Pesquisa Brasileira. 2010 Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/637/63717313014.pdf>
12. R. Borg-Bartolo, A. Rocuzzo, P. Molinero-Mourelle, M. Schimmel, K. Gambetta-Tessini, A. Chaurasia, R.B. Koca-Ünsal, C. Tennert, R. Giacaman, G. Campus, Global prevalence of edentulism and dental caries in middle-aged and elderly persons: A systematic review and

- meta-analysis, journal of Dentistry, Volume 127, <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104335>.
13. Estrela, Carlos, *Ciencia Endodóntica, Artes Médicas*.
 14. Agrafioti A, Giannakoulas DG, Filippatos CG, Kontakiotis EG. Analysis of clinical studies related to apexification techniques. *Eur J Paediatr Dent*. 2017 Dec;18(4):273-284. doi: 10.23804/ejpd.2017.18.04.03. PMID: 29380612.
 15. Li-Wan Lee, Sung-Chih Hsieh, Yun-Ho Lin, Chiung-Fang Huang, Sheng-Huang Hsiao, Wei-Chiang Hung, Comparison of clinical outcomes for 40 necrotic immature permanent incisors treated with calcium hydroxide or mineral trioxide aggregate apexification/apexogenesis, *Journal of the Formosan Medical Association*, Volume 114, Issue 2, 2015, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2014.06.005>.
 16. Jens O. Andreasen, Frances M. Andreasen, Lars Andreasen. Textbook and color atlas of traumatic Injuries to the teeth [internet]. Vol 5 hoboken NJ. 2019 [citado 01 dec 22] disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=1905073&lang=es&site=eds-live>
 17. Bourguignon C, Cohenca N, Lauridsen E, Flores MT, O'Connell AC, Day PF, Tsilingaridis G, Abbott PV, Fouad AF, Hicks L, Andreasen JO, Cehreli ZC, Harlamb S, Kahler B, Oginni A, Semper M, Levin L. International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations. *Dent Traumatol*. 2020 Aug;36(4):314-330. doi: 10.1111/edt.12578. Epub 2020 Jul 17. PMID: 32475015.
 18. Scheid C. Rickne, Weiss Gabriela. Woelfel, *Anatomía dental*, 8ª edición. Lippincott Williams y Wilkins. 2012.
 19. Canger, E. M., Kayipmaz, S. & Çelenk, P. (2009). Bilateral dens invaginatus in the mandibular premolar region. *Indian Journal of Dental Research*, 20(2), 238- 240.
 20. Iwanaga J, RS. *Anatomical Variations in Clinical Dentistry* [Internet] [Imagen]. 1 edición. 2019. Pag. 223-224 Disponible en: <https://link-springer-com.pbidi.unam.mx:2443/book/10.1007/978-3-319-97961-8>
 21. Scheid C. Rickne, Weiss Gabriela. Woelfel, *Anatomía dental*, (Imagen) , 8ª edición. Lippincott Williams y Wilkins. 2012
 22. Ping-Han Wen, Ji-Uei Liou, Bor-Ren Duh, Apexification of nonvital immature mandibular premolars using two different techniques, *Journal*

- of Dental Sciences, Volume 4, Issue 2, [https://doi.org/10.1016/S1991-7902\(09\)60014-3](https://doi.org/10.1016/S1991-7902(09)60014-3).
23. Iwanaga J, RS. Anatomical Variations in Clinical Dentistry [Internet] [Imagen]. 1 edición. 2019. Pag. 223-224 Disponible en: <https://link-springer-com.pbidi.unam.mx:2443/book/10.1007/978-3-319-97961-8>
 24. Lasala A. Endodoncia 4ta edición. Editorial Salvat. 1992
 25. Soares IJ, Goldberg F, González M, Soares IJ. Endodoncia: técnica y fundamentos Segunda edición. Editorial Medica Panamericana 2012. Pag. 30-46
 26. Soares IJ, Goldberg F, González M, Soares IJ. Endodoncia: técnica y fundamentos Segunda edición. Editorial Medica Panamericana 2012. Pag. 30-46
 27. Francisco Montañez. Pulpometro dental. [Internet] [imagen]. 2026 <https://www.olx.com.co/item/pulpometro-dental-iid-1065514735>
 28. Lishan Lei, Yuemin Chen, Ronghui Zhou, Xiaojing Huang, Zhiyu Cai, Histologic and Immunohistochemical Findings of a Human Immature Permanent Tooth with Apical Periodontitis after Regenerative Endodontic Treatment Journal of Endodontics, Volume 41, 2015, <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.03.012>
 29. Canalda Shali C, Brau Aguadé E, Canalda O, Manguillot Bonet A. Endodoncia técnicas clínicas y bases científicas. 3ª. Edición. Elsevier Masson.
 30. Pulse oximetry to assess pulp vitality, Dental Abstracts, Volume 62, Issue 4, 2017, Pages 196-197, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.denabs.2017.03.020>
 31. Hamid Jafarzadeh, Paul A. Rosenberg, Pulse Oximetry: Review a Potential Aid in Endodontic Diagnosis, Journal of Endodontics, Volume Issue 3, 2009, Pages 329-333, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.12.006>
 32. Pulse oximetry to assess pulp vitality, Dental Abstracts, Volume 62, Issue 4, 2017, Pages 196-197, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.denabs.2017.03.020>
 33. <https://www.olx.com.co/item/pulpometro-dental-iid-1065514735>
 34. Hamid Jafarzadeh, Paul A. Rosenberg, Pulse Oximetry: Review a Potential Aid in Endodontic Diagnosis, Journal of Endodontics, Volume Issue 3, 2009,
 35. João Miguel Santos, Patrícia Diogo, Sónia Dias, Joana A. Marques, Paulo J. Palma, João Carlos Ramos, Long-Term Outcome of Nonvital Immature Permanent Teeth Treated With Apexification and Corono-

Radicular Adhesive Restoration: A Case Series Journal of Endodontics, Volume 48, Issue 9, 2022, Pages 1191-1199, <https://doi.org/10.1016/j.joen.2022.06.007>

36. Valladares Neto J, Rino Neto J, de Paiva JB. Orthodontic movement of teeth with short root anomaly: Should it be avoided, faced or ignored? Dental Press J Orthod. 2013
37. Frank AL. Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. J Am Dent Assoc 1966;72:87-93.
38. Ping-Han Wen, Ji-Uei Liou, Bor-Ren Duh, Apexification of nonvital immature mandibular premolars using two different techniques, Journal of Dental Sciences, Volume 4, Issue 2, [https://doi.org/10.1016/S1991-7902\(09\)60014-3](https://doi.org/10.1016/S1991-7902(09)60014-3).
39. Nooshin Katebzadeh, B. Clark Dalton, Martin Trope, Strengthening immature teeth during and after apexification, Journal of Endodontics, Volume 24, Issue 4, 1998, Pages 256-259, [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(98\)80108-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(98)80108-8)
40. Cova Natera JL. Biomateriales dentales: para una odontología restauradora exitosa [internet]. Tercera edición. Amolca [citado 2022 Nov 21]. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001002114675&lang=es&site=eds-live>
41. Almeida Barbosa M, de Oliveira KV, Dos Santos VR, da Silva WJ, Tomazinho FSF, Baratto-Filho F, Gabardo MCL. Effect of Vehicle and Agitation Methods on the Penetration of Calcium Hydroxide Paste in the Dentinal Tubules. J Endod. 2020 Jul;46(7):980-986. doi: 10.1016/j.joen.2020.03.026. Epub 2020 May 18. PMID: 32439224.
42. Tayfun Alaçam, H.Oğuz Yoldaş, Orhan Gülen, Dentin penetration of 2 calcium hydroxide combinations, Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, Volume 86, Issue 4, Pages 469-472, disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1079-2104\(98\)90376-6](https://doi.org/10.1016/S1079-2104(98)90376-6)
43. Macchi RL. Materiales dentales. 4q edición. Editorial Medica Panamericana 2007.
44. Cohen S. Hargraves K, Vías de la pulpa, Elsevier. Decima edición elsevier Health Science; 2011.
45. Pattel B. Endodontic diagnosis pathology and treatment planning: mastering clinical, practice. [internet]. Disponible en:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001001886932&lang=es&site=eds-live>

46. Camillo D'Arcangelo, Maurizio D'Amario, Use of MTA for orthograde obturation of nonvital teeth with open apices: report of two cases, *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2007, <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2007.05.021>
47. João Miguel Santos, Patrícia Diogo, Sónia Dias, Joana A. Marques, Paulo J. Palma, João Carlos Ramos, Long-Term Outcome of Nonvital Immature Permanent Teeth Treated With Apexification and Corono-Radicular Adhesive Restoration: A Case Series, *Journal of Endodontics*, 48.
- 49.
50. Volume 48,2022, <https://doi.org/10.1016/j.joen.2022.06.007>
51. Sanaa Chala, Redouane Abouqal, Sana Rida, Apexification of immature teeth with calcium hydroxide or mineral trioxide aggregate: systematic review and meta-analysis, *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, Volume 112, 2011, <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2011.03.047>
52. V.S. Raji, P. Karunakar, N. Madhavi, Mineral trioxide aggregate in management of immature teeth with open apices – A report of clinical cases, *Journal of Pierre Fauchard Academy (India Section)*, Volume 27, 2013, <https://doi.org/10.1016/j.jpfa.2013.01.002>.
53. Giselle Nevares, Gabriela Queiroz de Melo Monteiro, Ana Paula Veras Sobral, Sergio Lemos de Campello, Marcely Cristiny Figueredo Cassimiro da Silva, Aldo Bezerra, Felipe Xavier Bezerra da Silva, Cristina Musso Scheneider, Diana Santana Albuquerque, Hardened exogenous material after extrusion of calcium hydroxide with barium sulfate: Case study and histopathologic and laboratory analyses, *The Journal of the American Dental Association*, Volume 149, 2018, <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2017.07.031>.
54. Blázquez Molina P, Riobos González MF. Técnica de revascularización en odontopediatría paso a paso. A propósito de un caso. *Rev. Odontopediatr. Latinoam.* [Internet]. 18 de enero de 2021 [citado 01 diciembre de 2022];9(2). Disponible en: <https://www.revistaodontopediatria.org/index.php/alop/article/view/174>
55. Cohen S. Hargraves K, *Vías de la pulpa*, Elsevier. Decima edición elsevier Health Science; 2011.
56. Ping-Han Wen, Ji-Uei Liou, Bor-Ren Duh, Apexification of nonvital immature mandibular premolars using two different techniques, *Journal*

of Dental Sciences, Volume 4, Issue 2, 2009, [https://doi.org/10.1016/S1991-7902\(09\)60014-3](https://doi.org/10.1016/S1991-7902(09)60014-3).

57. Li-Wan Lee, Sheng-Huang Hsiao, Chao-Ching Chang, Li-Kai Chen,
58. Duration for Apical Barrier Formation in Necrotic Immature Permanent Incisors Treated With Calcium Hydroxide Apexification Using Ultrasonic or Hand Filing, Journal of the Formosan Medical Association, Volume 2010, [https://doi.org/10.1016/S0929-6646\(10\)60097-6](https://doi.org/10.1016/S0929-6646(10)60097-6).
59. María Eugenia Rojas, Terapias Endodónticas empleadas en dientes permanentes incompletamente formados realizadas en el posgrado de Endodoncia de la Universidad Central de Venezuela en el periodo Enero 2005- Abril 2005.[Internet], citado el 20 de dic 2022, disponible en:
https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_46.htm