https://doi.org/10.69639/arandu.v13i3.2649

Análisis descriptivo de apicogénesis con Mineral Trióxido Agregado y Biodentine en dientes permanentes jóvenes

Descriptive Analysis of Apexogenesis with Mineral Trioxide Aggregate and Biodentine in Young Permanent Teeth

Liliana Cruz Tenorio
https://orcid.org/0009-0004-3499-4848
0964846b@umich.mx
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Morelia, Michoacán-México

Laysa Yanina García Chávez
https://orcid.org/0009-0002-8700-7186
dra.garciach@gmail.com
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Morelia, Michoacán-México

Gabriela López Torres
https://orcid.org/0009-0003-4256-0313
gabriela.lopez.torres@umich.mx.com
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Morelia, Michoacán-México

Artículo recibido: 10 agosto 2026- Aceptado para publicación:16 septiembre 2026
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.

RESUMEN

El recubrimiento pulpar directo en molares permanentes jóvenes o inmaduros donde la raíz no ha terminado su formación es la opción más viable y recomendable en casos donde la caries ha afectado la pulpa dental directa o indirectamente. Se ha comprobado en los últimos años que este procedimiento en la mayoría de los casos permite el desarrollo radicular y apical también llamado "apicogénesis" de manera favorable y esperada, llegando al cierre radicular. Los materiales más utilizados son Biodentine y Agregado Trióxido Mineral (MTA) por sus características de biocompatibilidad con los tejidos dentales, así como efecto antimicrobiano. El objetivo fue documentar el procedimiento de apicogénesis, utilizando dos materiales, así como, el seguimiento clínico de pacientes con molares permanentes afectados por caries donde las raíces no han terminado su desarrollo radicular utilizando biomateriales con la finalidad de preservar la vitalidad el mayor tiempo posible, la deposición de dentina con un cierre apical y la ausencia de sintomatología y signos clínicos que nos hagan sospechar de una necrosis pulpar. La metodología empleada en los casos se realizó bajo el mismo criterio de cuidados clínicos para Biodentine y MTA los cuales se realizaron en la clínica del instituto del Centro de Estudios de Posgrado e Investigación de la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. Todos los casos clínicos

incluyen el consentimiento informado de un tutor legal y el asentimiento de los participantes, en los que se explica a detalle sobre el procedimiento, pronostico y el seguimiento.

Palabras clave: Apicogénesis, recubrimiento pulpar directo, dientes permanentes jóvenes, Biodentine, agregado trióxido mineral

ABSTRACT

Direct pulp capping is considered the treatment of choice for young permanent teeth with incomplete root development when deep carious lesions have directly or indirectly affected the dental pulp. This conservative approach has demonstrated favorable outcomes by preserving pulp vitality and allowing continued root and apical development (apexogenesis) until physiological root maturation is achieved. Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate (MTA) are the biomaterials most frequently used for this procedure because of their biocompatibility with dental tissues and antimicrobial properties. The aim of this study was to document the apexogenesis procedure using these two biomaterials and to describe the clinical follow-up of patients with caries-affected young permanent molars with incomplete root formation. The treatment sought to preserve pulp vitality, promote dentin deposition and apical closure, and maintain the absence of clinical signs and symptoms suggestive of pulp necrosis. All clinical procedures were performed under the same treatment protocol for Biodentine and MTA at the Clinic of the Institute of the Center for Postgraduate Studies and Research of the Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Written informed consent was obtained from the legal guardians, and assent was obtained from all participants after a detailed explanation of the procedure, prognosis, and follow-up.

Keywords: Apexogenesis, direct pulp capping, young permanent teeth, Biodentine, Mineral Trioxide Aggregate

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Atribution 4.0 International.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo fisiológico radicular del segmento apical es conocido como apicogénesis. La deposición continua y constante de tejidos en esta zona se lleva a cabo tanto en grosor como en longitud de la raíz, lo que da como resultado un espesor menos susceptible a la fractura. En los casos de caries profunda o traumatismos de dientes inmaduros, donde se compromete el tejido pulpar, es importante propiciar la formación completa de la raíz y, con ello, fortalecer el diente, para posteriormente realizar un tratamiento de endodoncia (Nomura, 2016).

El manejo endodóntico de dientes con ápice inmaduro representa una complicación debido a las dificultades que pueden existir durante el tratamiento. Según algunos estudios, el 25% de los niños en edad escolar sufren traumatismos dentales, mientras que entre el 25% y el 65% padecen caries destructivas, resultando en un alto porcentaje de dientes inmaduros que deberán someterse a un tratamiento del sistema de conductos radiculares (Ferrara & Taschieri, 2012).

Una alternativa para la inducir a la apicogénesis es el recubrimiento pulpar directo (RPD), que, además puede reducir el riesgo de infección y daño adicional a la pulpa. Este procedimiento se realiza con un material biocompatible y antibacteriano que, además de proporcionar un sellado biológico, previene la filtración bacteriana permitiendo el proceso de apicogénesis. De esta manera, el éxito de la terapia, con cementos a base de silicato de calcio es contrastante en comparación al uso del hidróxido de calcio convencional (Peskersoy C, 2021).

Entre los materiales utilizados para este propósito están el Agregado de Trióxido Mineral (MTA) y el Biodentine, que han demostrado efectividad para este procedimiento debido a sus propiedades biocompatibles y bioactivas.

El MTA se introdujo por primera vez en la literatura dental en 1993 y recibió la aprobación de la FDA en 1998. Se distingue por presentar características deseables en odontología en términos de biocompatibilidad, bioactividad, hidrofilicidad, radiopacidad, capacidad de sellado y baja solubilidad. Las propiedades que destacan en odontología son su biocompatibilidad y capacidad de sellado.

La alta biocompatibilidad facilita respuestas de curación favorables. Esto se ha observado histológicamente con la formación de nuevo cemento en el área de los tejidos perirradiculares y una baja respuesta inflamatoria con la formación de puentes dentinarios en el espacio pulpar. El sellado que se logra se debe a que sus propiedades de expansión y contracción son muy similares a la dentina, resultando en una alta resistencia a la fuga marginal y a la migración bacteriana hacia el sistema del conducto radicular, que son factores determinantes para el éxito clínico (Tawil et al., 2015).

Otro material utilizado en el procedimiento para la apicogénesis es el Biodentine. Se introdujo en el mercado en 2011 como un sustituto de dentina, es bioactivo y de fraguado rápido.

Biodentine se compone predominantemente de silicato tricálcico altamente purificado (80,1 %) como material principal del núcleo, carbonato de calcio (14,9 %) como relleno y óxido de circonio (un radiopacificante). Algunas de las aplicaciones clínica son: recubrimiento pulpar directo e indirecto, perforaciones y elaboración de topes apicales.

Caries dental

La caries se considera como una infección bacteriana multifactorial, con prevalencia mayor en niños, caracterizada por la destrucción progresiva de los tejidos dentales calcificados, esto se debe a los ácidos producidos por las baterías que se encuentran en la placa dental. Estas lesiones al no ser tratadas aumentan gradualmente de tamaño y profundidad hasta llegar a la pulpa dental, esto provoca un proceso inflamatorio hasta llegar a la necrosis pulpar y perdida de la vitalidad (Figura 1) lo que podría detonar: dolor intenso, infecciones de los tejidos dentales y faciales, así como, hospitalizaciones. La atención temprana es de crucial importancia para evitar tales acontecimientos y no se vea comprometido el salud e integridad de los pacientes (Pizarro & Lillo, 2014).

Figura 1

Caries dental profunda



Caries dental profunda de primer molar permanente joven (Pizarro & Lillo, 2014).

La terapia pulpar vital es el tratamiento de primera elección para la preservación de dientes permanentes inmaduros con exposición pulpar por traumatismo o caries. Este procedimiento, comúnmente llamado apicogénesis, permite el desarrollo fisiológico de la raíz hasta la finalización de la formación y cierre apical (Ferrara & Taschieri, 2012).

Al momento de la erupción, los dientes permanentes generalmente presentan entre dos tercios y tres cuartos de su desarrollo radicular. En esta etapa, las cámaras pulpares son amplias y las paredes dentinarias son relativamente delgadas, por lo que el complejo dentino-pulpar es más susceptible a la progresión de la caries y a la irritación pulpar, lo que hace especialmente importante preservar la vitalidad de la pulpa para permitir la continuación del desarrollo fisiológico de la raíz (Kreiborg, 2018).

Ante estos casos, se hace necesaria una intervención que permita, por un lado, conservar la vitalidad pulpar, y por el otro, que este tejido conduzca a la maduración del diente (desarrollo completo de la raíz).

Apicogénesis

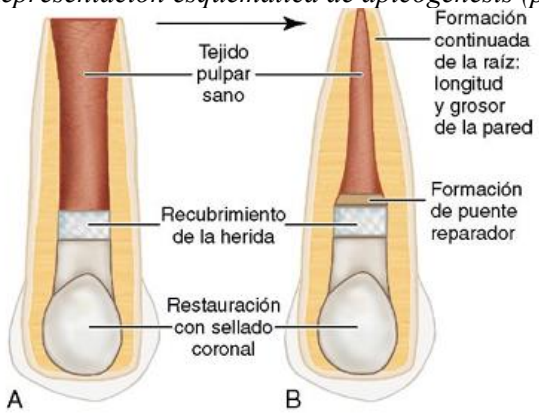
La apicogénesis se refiere al desarrollo fisiológico continuo y la formación del ápice radicular, según la Academia Americana de Odontología Pediátrica (AAPD, 2021). El abordaje de pulpas dañadas por caries o traumatismo durante su crecimiento radicular implica una complicación para los odontólogos (Xie et al., 2021) a través de la apicogénesis, se pretende continuar con el crecimiento radicular fisiológico, formar el ápice radicular conservando la vaina radicular epitelial viable y alcanzar una adecuada proporción corono/raíz (Khatoon et al., 2019).

Por lo tanto, en dientes inmaduros vitales, la preservación de la vitalidad pulpar es indiscutible y debe intentar lograrse para permitir el cierre fisiológico de los ápices radiculares.

La apicogénesis se puede intentar llevar a cabo a través de diversos métodos, que básicamente dependerán de cada caso en particular. Éstos son, el recubrimiento pulpar directo, pulpotomía parcial y pulpotomía cervical (Ferrara et al., 2012). La Figura 2, esquematiza la apicogénesis, mediante el método de pulpotomía cervical.

Figura 2

Representación esquemática de apicogénesis (por el método de pulpotomía cervical)



Tomado de: Berman & Hargreaves, 2022 (p. 845)

El Subcomité de terapia pulpar, del Comité de Asuntos Clínicos, dio a conocer las recomendaciones (adoptadas desde 1991) en los casos de dientes primarios y permanentes jóvenes.

El estado de la pulpa determinará el tipo de terapia pulpar y las indicaciones a seguir en la clínica. Así, se diagnosticará como pulpa sana, pulpitis reversible, irreversible o necrosis, y se determinará mediante el historial clínico y dental, así como, a través de la sintomatología de dolor: localizado, intensidad, espontaneo, duración, factores agravantes y aliviantes, signos clínicos intra y extraorales y el examen radiográfico que también proporciona información para determinar un diagnóstico pulpar (IAPD, 2022).

En el caso de pulpa vital, el grado de inflamación, determinará la técnica o método a seguir para intentar llevar a cabo la apicogénesis. A continuación, se describen las técnicas/métodos.

Técnicas de apicogénesis

Recubrimiento pulpar indirecto

En los casos en lo que no se presenta una exposición pulpar franca, es decir, que aún existe una capa (aunque sea delgada) de dentina, existe la posibilidad de ser reparada incluso en presencia de inflamación. Las pruebas de vitalidad son un auxiliar para distinguir una pulpa vital de una necrótica. Para fines prácticos, resulta más complicado establecer el diagnóstico diferencial entre una pulpa inflamada reversible de una irreversible. Es importante destacar que, una pulpa joven tiene mayor capacidad de reparación (Dummer et al., 1980).

La Asociación Internacional de Odontología Pediátrica (IAPD) recomienda este procedimiento exclusivamente para órganos dentarios vitales sin exposición pulpar, es decir, que presentan caries profunda, favoreciendo así la recuperación pulpar, como se muestra en la Figura 3 (IAPD, 2022).

Figura 3. Representación esquemática de recubrimiento pulpar indirecto.

Recubrimiento pulpar directo

Lasala, desde 1992, define el recubrimiento pulpar directo como el procedimiento en el que se coloca un medicamento, apósito o material dental directamente sobre la pulpa dental ya expuesta, con el propósito de preservar su vitalidad. El uso de materiales de recubrimiento pulpar para inducir, a través de las células pulpares indiferenciadas, a la formación de dentina terciaria reparativa, ha sido ampliamente probado y aceptado.

Tabla 1

Prevalencia de éxito y fracaso de recubrimiento pulpar directo

Estudio	Material utilizado	Tasa de éxito	Criterios de evaluación	Observaciones
Linu et al., 2017	Biodentine	92.5%	No especificados en detalle	Mejor desempeño frente a MTA en este estudio
Linu et al., 2017	WhiteProRoot MTA	84.6%	No especificados en detalle	
Hegde et al., 2017	MTA	91.7%	Síntomas subjetivos, pruebas de sensibilidad y apariencia radiográfica	Evaluación a los 6 meses
Hegde et al., 2017	Biodentine	83.3%	Síntomas subjetivos, pruebas de sensibilidad y apariencia radiográfica	Evaluación a los 6 meses
Bogen et al., 2018	MTA	97.96%	Prueba de frío, síntomas subjetivos y apariencia radiográfica	Seguimiento a 9 años; 15/15 dientes con ápice abierto lograron apicogénesis completa

Pulpotomía parcial

Massler en 1959, dio a conocer este procedimiento; lo describió como la extirpación quirúrgica parcial de la pulpa inflamada (Figura 5). Desde entonces, diversos experimentos

demuestran que, en los tejidos pulpares vitales, los odontoblastos, fibroblastos y células inmunes junto con moléculas funcionalmente relacionadas, participan de manera conjunta en la defensa inmunológica de la pulpa, mantienen su capacidad reparadora y promueven la curación del tejido pulpar dental (Li et al., 2024).

Pulpotomía total

La pulpotomía total o cervical, es la eliminación del tejido pulpar coronal, dejando intacta la porción radicular para permitir el desarrollo fisiológico de la raíz (Figura 6). Esta técnica está indicada para exposiciones pulpares grandes o las que tienen varios días de evolución, en las cuales, la totalidad de la pulpa cameral se encuentra comprometida (contaminada o inflamada). Los materiales utilizados con mayor éxito son el hidróxido de calcio, Biodentine y el MTA (Ferrara et al., 2012).

Indicaciones

- Según Boj et al., (2004), los criterios para la realización de un procedimiento de recubrimiento pulpar directo, se requiere que el diente presente condiciones muy precisas; éstas son:
- Dientes asintomáticos (ausencia de dolor)
- Respuesta positiva a las pruebas de vitalidad pulpar (sensibilidad al frio)
- Sin evidencia de cambios patológicos al examen radiográfico: ausencia de radiolucidez que haga sospechar de una necrosis pulpar).
- Ausencia de reabsorción dentinaria interna (sin lesión a nivel radicular radiográficamente visible).
- Permeabilidad del conducto radicular.
- Tejidos periapicales sanos (sin radiolucidez).
- Sangrado no profuso (hemostasia temprana).
- Coloración normal de la sangre (no oscura).
- Desarrollo y cierre apical incompleto (raíces incompletamente formadas).

Contraindicaciones

- Dolor espontáneo (particularmente nocturno y que no seda con analgésicos).
- Movilidad dentaria patológica (que no permita al diente permanecer en el alveolo dental).
- Presencia de fistula (el tracto sinoso indica presencia de microorganismos en la región pulpar).
- Reabsorción radicular interna o externa (lesiones en las raíces a causa de una destrucción patológica progresiva de las raíces).
- Tumefacción (aumento de volumen a nivel local o extraoral).
- Calcificaciones pulpares (conducto radicular estrecho).

Materiales utilizados en la apicogénesis

A través del recubrimiento pulpar directo se pretende disminuir la afectación pulpar debido a la proliferación de microorganismos que se encuentran en la caries. Para ello, se utilizan materiales biocompatibles, con actividad antibacteriana y sin efecto toxico. Estos materiales proporcionan un sellado hermético entre la pulpa y el material restaurativo, impidiendo así la filtración de las bacterias y el consecuente y continuo daño pulpar. En los últimos años, y en comparación con el hidróxido de calcio convencional tradicionalmente utilizado, se ha demostrado un mayor éxito en los casos donde se utilizan materiales a base de silicato de calcio, como MTA y Biodentine (Brizuela et al., 2017).

Actualmente, se utilizan algunos materiales que, por sus características, mantienen la vitalidad de la pulpa, propiciando la formación completa de la raíz. A continuación, se hará una descripción de los materiales más utilizados para lograr la apicogénesis.

Hidróxido de calcio

El Dr. B. W. Hermann (1960), inició con la aplicación de hidróxido de calcio ($CaOH_2$) para la terapia de pulpa vital (Patil et al., 2021). Unos años después, Glass y Zander publicaron su efectividad para la reparación pulpar. El estudio relevante de Granath (1959), describe al $CaOH_2$ como medicamente para los órganos dentales traumatizados con formación radicular incompleta (Fava, 1999).

Durante décadas, el hidróxido de calcio fue el material de elección entre los diversos agentes de recubrimiento pulpar disponibles (Dammaschke, 2008). Sin embargo, existen desventajas al utilizar este material, como su disolución en los fluidos tisulares y su desintegración en los tejidos dentales, formando defectos de túnel debajo de los puentes dentales y un sellado deficiente (Cox et al., 1996).

Mineral Trióxido Agregado

El Dr. Mahmoud Torabinejad y sus colaboradores de la Universidad de Loma Linda desarrollaron por primera vez un material biocompatible, el MTA, con interesantes aplicaciones clínicas. El MTA se puede utilizar en procedimientos quirúrgicos y no quirúrgicos, entre los que se incluyen: el recubrimiento pulpar directo, como material de relleno temporal, reparación de perforaciones en raíces o furcas, apexificación y relleno de extremos radiculares (Torabinejad et al., 1995).

Composición química del MTA: este material es básicamente una mezcla mecánica de tres ingredientes en polvo: cemento Portland (75%), óxido de bismuto (20%) y yeso (5%). Según la patente del MTA, se compone de óxido de calcio (50-75 % en peso) y óxido de silicio (15-20 % en peso), que juntos constituyen el 70-95% del cemento. Al mezclar estas materias primas, se produce silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y aluminoferrita tetracálcica (Torabinejad, 1995). Existen dos tipos comerciales de MTA: gris y blanco, y la diferencia radica

en la presencia de hierro en el primero, que además forma la fase de aluminoferrita tetracálcica. Por el contrario, no hay óxido de hierro en el MTA blanco (Camilleri 2008).

Biológicamente, la integración de MTA se debe a componentes de iones de calcio, que forman hidroxioapatita al entrar en contacto con iones de fosfatos presentes en el cuerpo humano. (Cheng et al., 2010)

MTA es un polvo compuesto de silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, sulfato de calcio deshidratado y óxido de bismuto. Cuando el material se hidrata, se convierte en un gel coloidal que se solidifica en aproximadamente 3 horas.

Biodentine

En el año 2009, Biodentine fue creado por Septodont (Francia) para reemplazar la dentina. Sus componentes son silicato tricálcico (Ca_3SiO_5), carbonato de calcio, óxido de zirconio y cloruro de calcio. Sus indicaciones principales incluyen reabsorciones radiculares, perforaciones radiculares, recubrimiento pulpar, apexificación, obturaciones retrógradas y reemplazo de dentina.

Este material biológicamente activo facilita su penetración a través de los túbulos dentinarios abiertos para cristalizar y entrelazarse con la dentina y proporcionar propiedades mecánicas. Biodentine se ha formulado utilizando tecnología de cemento a base de MTA y, por lo tanto, se dice que presenta mejoras en algunas de las propiedades, como las cualidades físicas, de manipulación, reparación endodóncica así como recubrimiento pulpar en odontología restauradora (Kaur et al., 2017)

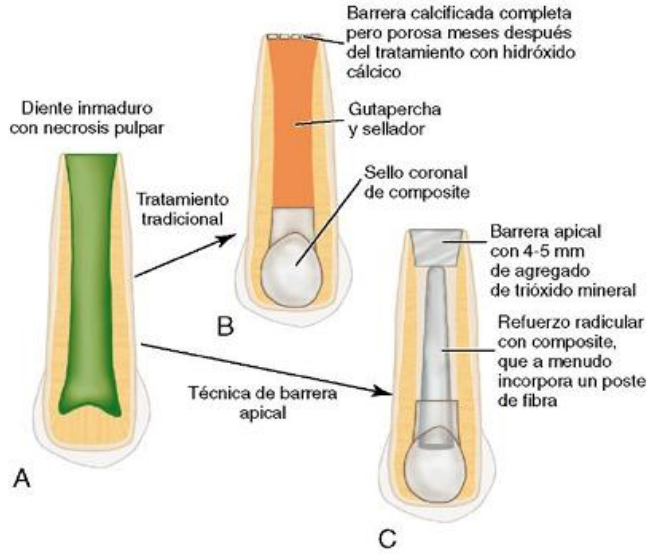
Apicoformación

Otro procedimiento en dientes permanentes inmaduros en la apicoformación o cierre del extremo radicular que a diferencia de la apicogénesis, la pulpa dental está necrosada, es decir, sin posibilidad de continuar el desarrollo radicular, como se muestra en la Figura 3 (Berman & Hargreaves, 2022).

De esta forma, los órganos dentarios necróticos con ápices inmaduros tienen un pronóstico menos favorable que en los casos vitales, debido a que se detiene completamente el desarrollo radicular, por lo que las paredes quedan delgadas y frágiles. El plan de tratamiento recomendado es la apicoformación o apexificación. A diferencia de la apicogénesis, en la apicoformación ya no se pretende completar la formación de la raíz, puesto que la pulpa dental es la única encargada de realizar este proceso fisiológico. El propósito de la apicoformación es lograr un tope o una barrera apical que evite la extrusión, hacia los tejidos circundantes de la raíz, de materiales de obturación e irrigantes durante el tratamiento de conductos. A pesar de este esfuerzo por mantener los dientes en la cavidad oral, las circunstancias que se presentan en esta condición conducen a un pronóstico reservado (Patil et al., 2021).

Figura 3

Representación esquemática de apicoformación



Tomada de: (Berman & Hargreaves, 2022, p. 847).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es de tipo no experimental, observacional y descriptivo. En esta investigación, participaron los pacientes que acudieron a la clínica de Endodoncia del Posgrado de la Facultad de Odontología de la UMSNH, durante el periodo de octubre del 2024 a abril del 2025 con diagnóstico de pulpitis reversible, lesiones cariosas profundas con exposición pulpar y ápices inmaduros.

Para realizar este procedimiento, y por tratarse de una población vulnerable (niños) fue indispensable que, a los padres o tutores responsables, y a los propios pacientes, se les explicará de manera clara y detallada a cerca del procedimiento a realizar: causas, pronóstico, propósito y plan de tratamiento. Posteriormente, los padres o tutores responsables firmaron el consentimiento informado, donde manifestaron estar de acuerdo y otorgaron su autorización tanto para el procedimiento como para el uso de los datos con fines de investigación. Por su parte, los niños firmaron el formato de asentimiento.

Una vez concluido el procedimiento de recubrimiento pulpar para inducción a la apicogénesis, se llevaron a cabo revisiones de seguimiento para supervisar la evolución del desarrollo radicular y la conservación de la vitalidad pulpar.

Para la integración de la serie de casos se incluyeron pacientes atendidos en la Clínica del Posgrado en Endodoncia con dientes permanentes jóvenes que presentaban ápices inmaduros, exposición pulpar y respuesta positiva a las pruebas de vitalidad pulpar. Asimismo, fue requisito contar con el consentimiento informado firmado por el tutor legal antes de realizar el procedimiento. Se excluyeron los dientes con diagnóstico de necrosis pulpar, aquellos que presentaban signos clínicos y/o radiográficos de periodontitis apical, los pacientes con enfermedades sistémicas que pudieran comprometer el proceso de cicatrización, los casos en los

que no fuera posible realizar el seguimiento clínico y los dientes sin posibilidad de restauración. Finalmente, se estableció como criterio de eliminación la evolución del diente a necrosis pulpar durante el periodo de seguimiento.

Para establecer el diagnóstico pulpar, se realizaron pruebas de sensibilidad utilizando Endo Ice® (prueba al frío), esperando una respuesta positiva compatible con vitalidad pulpar. De manera complementaria, las pruebas de percusión y palpación presentaron respuesta negativa. Se obtuvo una radiografía de diagnóstico y cuando estuvo indicado un estudio tomográfico de haz cónico, con el propósito de complementar el diagnóstico inicial y contar con registros de referencia para el seguimiento clínico y radiográfico de cada caso.

Procedimiento clínico (Protocolo del RPD)

Se realizó la asepsia de la mucosa y se aplicó anestesia tópica mediante una torunda de algodón o un hisopo durante cinco minutos. A continuación, se administró anestesia local con uno o dos cartuchos de lidocaína al 2 % con epinefrina, seguida de la colocación de aislamiento absoluto mediante dique de goma y grapa. La remoción del tejido cariado se efectuó con una fresa redonda de diamante No. 2 nueva y estéril hasta eliminar completamente la dentina reblandecida. Al alcanzar la cámara pulpar, la fresa fue sustituida por una nueva y estéril de carburo para evitar contaminación cruzada. Durante todo el procedimiento de acceso se mantuvo irrigación continua con solución fisiológica empleando una jeringa estéril y desechable. Una vez expuesta la pulpa, se realizó la hemostasia mediante la aplicación de una torunda de algodón estéril humedecida con solución fisiológica durante uno a dos minutos. Tras controlar la hemorragia, se colocó el material de recubrimiento pulpar, ya fuera MTA o Biodentine, con un espesor aproximado de 2 mm.

Biodentine

Para la manipulación del Biodentine, el contenido de la cápsula se mezcló con siete gotas de cloruro de calcio durante 30 segundos en un amalgamador, siguiendo las indicaciones del fabricante. Posteriormente, el material se colocó directamente sobre la exposición pulpar utilizando un instrumento estéril (Dicalera), retirando cuidadosamente los excedentes adheridos a las paredes cavitarias. Se permitió el fraguado del material durante aproximadamente 12 minutos, se aplicó una capa de Ionosit fotopolimerizable como aislante térmico y en la misma cita se colocó la restauración definitiva con resina compuesta Brilliant.

MTA

La mezcla de polvo y líquido se lleva a cabo con una espátula de cementos sobre una loseta de vidrio estéril. La mezcla se coloca directamente en la cavidad con un instrumento estéril (dicalera), ejerciendo después una ligera presión con una torunda de algodón estéril humedecida con el líquido de MTA. Posteriormente, se coloca una capa de Ionosit fotopolimerizable y se rellena el resto de la preparación con ionómero de vidrio (ketac-cem Easymix). Se cita al paciente una semana después para la restauración con resina Brilliant y toma de radiografía de seguimiento.

Seguimiento clínico y radiográfico

Los pacientes fueron citados para evaluaciones clínicas y radiográficas periódicas a los 3, 6 y 9 meses posteriores al tratamiento. En cada control se registró la presencia o ausencia de sintomatología, signos clínicos de necrosis pulpar, respuesta a las pruebas de vitalidad, movilidad, percusión y palpación, así como los hallazgos obtenidos en la radiografía periapical para valorar la continuidad del desarrollo radicular y el cierre apical. Además, se documentaron las características clínicas del caso, el biomaterial empleado, el tipo de tratamiento realizado y las observaciones relevantes durante el seguimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

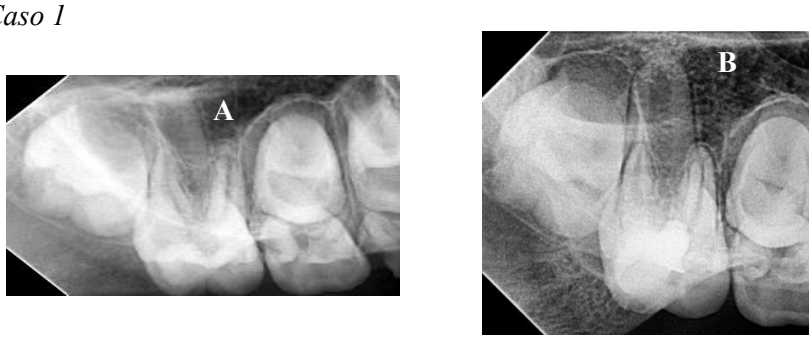
Se documentaron seis casos clínicos de apicogénesis en dientes permanentes jóvenes con ápices inmaduros, tratados en la Clínica de Endodoncia del Posgrado de la Facultad de Odontología de la UMSNH. En todos los pacientes se confirmó previamente la vitalidad pulpar mediante pruebas clínicas y se realizaron controles clínicos y radiográficos periódicos para valorar la evolución del tratamiento.

Caso 1

Paciente femenina de 9 años tratada mediante recubrimiento pulpar directo con MTA. A los tres meses presentó respuesta positiva a la prueba de frío y negativa a percusión y palpación, sin sintomatología. A los seis meses se observó un cierre apical casi completo y, al noveno mes, el cierre radicular fue total, acompañado por la formación de un puente dentinario, sin evidencia de alteraciones periapicales. La evolución clínica y radiográfica confirma la capacidad del MTA para preservar la vitalidad pulpar y favorecer la continuidad del desarrollo radicular. El cierre apical completo alcanzado corresponde al estadio 10 de Nolla y coincide con lo descrito por Hargreaves y Cohen (2021), quienes señalan que la conservación de la pulpa vital permite la formación de dentina reparadora y la maduración fisiológica de la raíz.

Figura 4

Caso 1



Nota: A) Radiografía inicial. B) Seguimiento 9 meses.

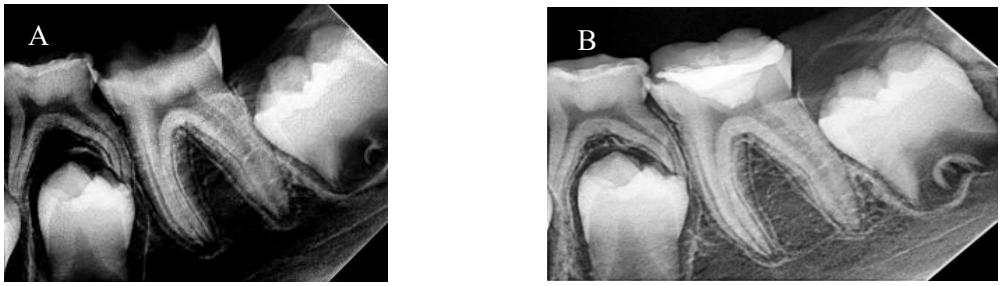
Caso 2

Se realizó recubrimiento pulpar directo con Biodentine. Debido al tiempo requerido para el procedimiento restaurador, la restauración definitiva se colocó tres días después, una vez

corroborada la ausencia de síntomas. Durante las revisiones a los tres, seis y nueve meses la pulpa permaneció vital, sin signos de inflamación ni lesiones periapicales. Aunque no se evidenció avance en el estadio radicular durante el periodo de observación, tampoco se identificaron datos compatibles con fracaso del tratamiento y la restauración permaneció íntegra. Estos hallazgos indican que el mantenimiento de la vitalidad pulpar constituye un criterio de éxito, aun cuando la maduración radicular no sea evidente en los primeros meses. La estabilidad clínica observada coincide con la progresión biológica descrita por Patterson (1958) y Nolla (1960), quienes establecen que la velocidad del desarrollo radicular puede variar entre individuos.

Figura 5

Caso 2



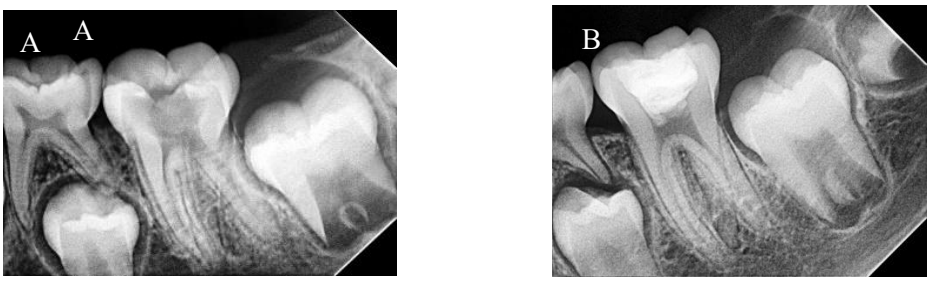
Nota: A) Radiografía inicial. B) Seguimiento 9 meses.

Caso 3

Después del procedimiento, la paciente presentó sensibilidad transitoria a bebidas frías después del procedimiento, sin dolor a la percusión o palpación. Posteriormente se colocó la restauración definitiva. A los tres y seis meses las pruebas de vitalidad permanecieron positivas y no se detectaron lesiones periapicales ni alteraciones del ligamento periodontal. Radiográficamente se identificó depósito de dentina en el tercio apical de las raíces. La formación de tejido dentinario sugiere una respuesta reparativa favorable del complejo dentino-pulpar. Este comportamiento es consistente con lo reportado por Ferrara et al. (2012) y Khatoon et al. (2019), quienes describen la capacidad bioactiva del MTA para inducir la diferenciación celular y la formación de tejido duro.

Figura 6

Caso 3



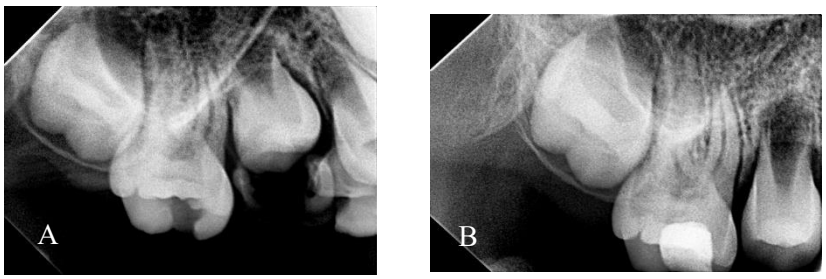
Nota: A) Radiografía inicial. B) Seguimiento 9 meses.

Caso 4

La paciente acudió a revisión a los seis meses sin referir molestias. La evaluación clínica confirmó la permanencia de la vitalidad pulpar y el estudio radiográfico mostró continuidad del desarrollo radicular con formación de dentina en la región apical, sin lesiones periapicales. La restauración permaneció en condiciones adecuadas. La evolución fue comparable a la observada en el caso 1, con progresión del desarrollo radicular hasta alcanzar el estadio 10 de Nolla. Estos resultados respaldan la importancia de establecer un diagnóstico adecuado de pulpitis reversible para preservar el potencial regenerativo de la pulpa y permitir la apicogénesis.

Figura 7

Caso 4



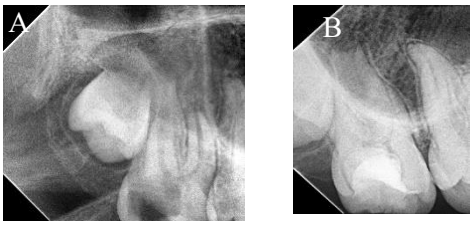
Nota: A) Radiografía inicial. B) Seguimiento 6 meses.

Casos 5 y 6

Ambos tratamientos correspondieron al mismo paciente, intervenido en dos hemiarcadas mediante recubrimiento pulpar directo, uno con Biodentine (Caso 5) y otro con MTA (Caso 6). El seguimiento fue posible únicamente hasta los seis meses debido al cambio de lugar residencia del paciente. Durante ese periodo no se registraron molestias ni signos inflamatorios, las pruebas de vitalidad permanecieron positivas, las restauraciones conservaron su integridad y las radiografías evidenciaron continuidad del desarrollo radicular, alcanzando el estadio 9 de Nolla (Figura 8 y 9).

Figura 8

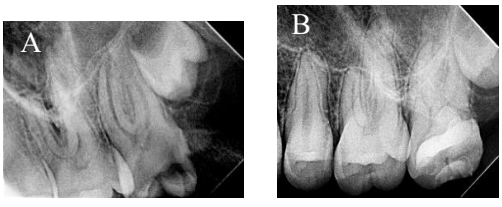
Caso 5



Nota: A) Radiografía inicial. B) Seguimiento 6 meses.

Figura 9

Caso 6



Nota: A) Radiografía inicial. B) Seguimiento 6

Aunque no fue posible confirmar la evolución hasta el cierre apical, los hallazgos obtenidos indican un pronóstico favorable. De acuerdo con Bogen et al. (2018), la ausencia de sintomatología y la estabilidad restauradora durante los primeros seis meses representan

indicadores importantes de éxito. Asimismo, el adecuado sellado marginal probablemente contribuyó a evitar fenómenos de microfiltración, considerada una de las principales causas de fracaso en este tipo de tratamientos (Boyer & Nguyen, 2023; American Academy of Pediatric Dentistry, 2021).

La Tabla 1 resume los resultados observados de cada caso:

Tabla 2

Instrumento de recolección de datos

Casos	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6
Diente tratado	Primer molar inferior izquierdo	Primer molar superior derecho	Primero molar inferior izquierdo	Primer molar superior derecho	Segundo molar superior derecho	Segundo molar superior izquierdo
Edad	9	9	9	8	12	12
Sexo (F/M)	F	F	F	F	M	M
Diagnóstico pulpar	Pulpitis reversible asintomática	Pulpitis reversible asintomática	Pulpitis reversible asintomática	Pulpitis reversible asintomática	Pulpitis reversible sintomática	Pulpitis reversible sintomática
Técnica de Apicogénesis	RPD	RPD	RPD	RPD	RPD	RPD
Estadio radicular inicial (Nolla)	9	8	8	8	8	8
Biomaterial usado (MTA/Biodentine)	MTA	BDN	MTA	BDN	BDN	MTA
Fecha del tratamiento	10/2024	10/2024	10/2024	01/2025	10/2024	10/2024
Dolor postoperatorio (Sí/No)	SI	SI	SI	NO	SI	NO
Seguimiento 3 meses	+Frio -Palpación -Percusión -Movilidad	+Frio -Palpación -Percusión -Movilidad	+Frio -Palpación -Percusión -Movilidad	+Frio -Palpación -Percusión -Movilidad	+Frio -Palpación -Percusión -Movilidad	+Frio -Palpación -Percusión -Movilidad
Seguimiento 6 meses	+Frio -Palpación -Percusión -Movilidad	+Frio -Palpación -Percusión -Movilidad	+Frio -Palpación -Percusión -Movilidad	+Frio -Palpación -Percusión -Movilidad	+Frio -Palpación -Percusión -Movilidad	+Frio -Palpación -Percusión -Movilidad
Seguimiento 9 meses	+Frio -Palpación -Percusión -Movilidad	+Frio -Palpación -Percusión -Movilidad	+Frio -Palpación -Percusión -Movilidad	X	X	X
Estadio radicular obtenido	10	9	10	9	8	8

La evolución observada respalda el potencial de la apicogénesis para conservar la vitalidad pulpar y favorecer la maduración radicular cuando existe un diagnóstico adecuado, un control de la contaminación bacteriana y un sellado restaurador eficaz. Aunque esta serie presenta un número limitado de casos y un tiempo de seguimiento variable, los hallazgos coinciden con la evidencia publicada sobre el comportamiento clínico de MTA y Biodentine.

CONCLUSIONES

El recubrimiento pulpar directo demostró ser una alternativa conservadora para favorecer la apicogénesis en dientes permanentes jóvenes con pulpa vital, permitiendo preservar la vitalidad pulpar y favorecer la continuidad del desarrollo radicular.

El MTA y el Biodentine presentaron un comportamiento clínico favorable durante el periodo de seguimiento, confirmando su utilidad como biomateriales bioactivos para este tipo de procedimientos.

El éxito del tratamiento dependió de un diagnóstico pulpar preciso, la adecuada selección de los casos y la aplicación de protocolos clínicos orientados al control de la contaminación bacteriana.

El seguimiento clínico y radiográfico, junto con una restauración definitiva con sellado marginal adecuado, constituyó un elemento fundamental para mantener la vitalidad pulpar y disminuir el riesgo de fracaso por microfiltración bacteriana.

En pacientes pediátricos, la obtención del consentimiento informado del tutor legal y del asentimiento del paciente representa un componente ético indispensable para la realización del tratamiento y su seguimiento.

Aunque los resultados obtenidos fueron favorables, se requieren estudios con un mayor número de casos y periodos de seguimiento más prolongados que permitan fortalecer la evidencia clínica sobre el desempeño de estos biomateriales en procedimientos de apicogénesis.

REFERENCIAS

American Academy of Pediatric Dentistry. (2021). *Pulp therapy for primary and immature permanent teeth*. In *The Reference Manual of Pediatric Dentistry* (pp. 399–407). American Academy of Pediatric Dentistry.

Berman, L. H., & Hargreaves, K. M. (2022). *Vías de la pulpa* (12.ª ed.). Elsevier.

Bogen, G., Kim, J. S., & Bakland, L. K. (2008). *Direct pulp capping with mineral trioxide aggregate: an observational study*. *Journal of the American Dental Association*, *139*(3), 305–315. https://doi.org/10.14219/jada.archive.2008.0160

Boj, J. R., Catala, M., Garcia-Ballesta, C., Mendoza, A., & Planells, P. (2004). *Odontopediatría: La evolución del niño al adulto joven*. Editorial.

Boyer, K. R., & Nguyen, J. T. (2023). *Una actualización sobre la terapia pulpar vital*. *Revista de la Asociación Dental de California*, *51*(1), 2244707. https://doi.org/10.1080/19424396.2023.2244707

Brizuela, C., Ormeño, A., Cabrera, C., Cabezas, R., Silva, C. I., Ramírez, V., & Mercade, M. (2017). *Direct Pulp Capping with Calcium Hydroxide, Mineral Trioxide Aggregate, and Biodentine in Permanent Young Teeth with Caries: A Randomized Clinical Trial*. *Journal of Endodontics*, *43*(11), 1776–1780. https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.06.031

Camilleri, J. (2008). *The chemical composition of mineral trioxide aggregate*. *Journal of Conservative Dentistry*, *11*(4), 141–143. https://doi.org/10.4103/0972-0707.48834

Cheng, L., Ye, F., Yang, R., Lu, X., Shi, Y., Li, L., Fan, H., & Bu, H. (2010). *Osteoinduction of hydroxyapatite/beta-tricalcium phosphate bioceramics in mice with a fractured fibula*. *Acta Biomaterialia*, *6*(4), 1569–1574. https://doi.org/10.1016/j.actbio.2009.10.050

Cox, C. F., Sübay, R. K., Ostro, E., Suzuki, S., & Suzuki, S. H. (1996). *Tunnel defects in dentin bridges: their formation following direct pulp capping*. *Operative Dentistry*, *21*(1), 4–11.

Dammaschke, T. (2008). *The history of direct pulp capping*. *Journal of the History of Dentistry*, *56*(1), 9–23.

Dummer, P. M., Hicks, R., & Huws, D. (1980). *Clinical signs and symptoms in pulp disease*. *International Endodontic Journal*, *13*(1), 27–35. https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1980.tb00834.x

Fava, L. R. G. (1999). Calcium hydroxide pastes: Classification and clinical indications. *International Endodontic Journal, 32*(4), 257–282. https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1999.00232.x

Ferrara, G., Corbella, S., Sozzi, M., Del Fabbro, M., & Taschieri, S. (2012). *Apecificazione, apicogenesi e procedure endodontiche rigenerative: revisione della letteratura*. *Giornale Italiano Di Endodonzia*, *26*(3), 137–144. https://doi.org/10.1016/j.gien.2012.09.005

Glass, R. L., & Zander, H. A. (1949). *Pulp healing*. *Journal of Dental Research, 28*(2), 97–107. https://doi.org/10.1177/00220345490280021101

Hargreaves, K. M., & Cohen, S. (Eds.). (2021). *Cohen's pathways of the pulp* (12th ed.). Elsevier Health Sciences.

Hegde, S., Sowmya, B., Mathew, S., Bhandi, S. H., Nagaraja, S., & Dinesh, K. (2017). *Clinical evaluation of mineral trioxide aggregate and Biodentine as direct pulp capping agents in carious teeth*. *Journal of Conservative Dentistry*, *20*(2), 91–95. https://doi.org/10.4103/0972-0707.212243

IAPD. (2022). *Foundational articles and consensus recommendations: Pulp therapy for primary and young permanent teeth*. http://www.iapdworld.org/2022_12_pulp-therapy-for-primary-and-young-permanent-teeth

Kaur, M., Singh, H., Dhillon, J. S., Batra, M., & Saini, M. (2017). *MTA versus Biodentine: Review of Literature with a Comparative Analysis*. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, *11*(8), ZG01–ZG05. https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/25840.10374

Khatoon, F., Nguyen, T., & Chen, W. (2019). *Apexogenesis of an immature permanent molar with the use of Er, Cr: YSGG laser and mineral trioxide aggregate*. *International Journal of Microdentistry*, *10*(1), 10–13.

Kreiborg, S. (2018). Tooth formation and eruption: Lessons learnt from cleidocranial dysplasia. *European Journal of Oral Sciences, 126*(Suppl. 1), 72–80. https://doi.org/10.1111/eos.12418

Lasala, A. (1992). *Endodoncia* (4ta ed.). Ediciones Científicas y Técnicas.

Li, W., Yang, B., & Shi, J. (2024). *Efficacy of pulpotomy for permanent teeth with carious pulp exposure: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials*. *PLoS One*, *19*(7), e0305218. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0305218

Linu, S., Lekshmi, M. S., Varunkumar, V. S., & Sam Joseph, V. G. (2017). *Treatment Outcome Following Direct Pulp Capping Using Bioceramic Materials in Mature Permanent Teeth with Carious Exposure: A Pilot Retrospective Study*. *Journal of Endodontics*, *43*(10), 1635–1639. https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.06.017

Massler, M. (1959). *Pulp curettage: A review*. *Journal of Dentistry for Children, 26*, 154–157

Nomura, L. H., Ferreira do Amaral, R. O. J., Frehner Andrade, C., Días Morais, N., Baratto-Filho, B., & Piotto Leonardi, D. (2016). *Tratamiento endodóntico regenerativo de dientes con formación radicular incompleta: una revisión*. *RSBO Revista Sul-Brasileira de Odontología*, *13*(3), 199–208.

Nolla, C. M. (1960). *El desarrollo de la dentición permanente*. *Revista de Odontología Infantil*, *27*, 254–266.

Patil, P. N., Justin, M. R., Sarda, A. S., Darade, L. D., Zanjad, S. R., & Bowlekar, R. (2021). *Review on regenerative endodontics: Past concepts, current protocols and future*

strategies. *IP Indian Journal of Conservative and Endodontics*, *6*(4), 205–211. https://doi.org/10.18231/j.ijce.2021.045

Peskersoy, C. L. J., & Turkun, M. (2021). *Efficacy of different calcium silicate materials as pulp-capping agents: Randomized clinical trial*. *Journal of Dental Sciences*, *16*(2), 723–731.

Pizarro, M. C., & Lillo, O. C. (2014). *La caries dental: una enfermedad que se puede prevenir*. *Anales de Pediatría Continuada*, *12*(3), 147–151. https://doi.org/10.1016/S1696-2818(14)70184-2

Tawil, P. Z., Duggan, D. J., & Galicia, J. C. (2015). *Mineral trioxide aggregate (MTA): its history, composition, and clinical applications*. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, *36*(4), 247–252.

Torabinejad, M., Hong, C. U., McDonald, F., & Pitt Ford, T. R. (1995). *Physical and chemical properties of a new root-end filling material*. *Journal of Endodontics*, *21*(7), 349–353. https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80967-2

Xie, Y., Lu, F., Hong, Y., He, J., & Lin, Y. (2021). *Revascularisation versus apexification for treatment of immature teeth based on periapical healing and root development: A systematic review and meta-analysis*. *European Journal of Paediatric Dentistry*, *22*(3), 207–214. https://doi.org/10.23804/ejpd.2021.22.03.11