



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

FO
FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
ENDODONCIA

**PULPOTOMÍA TOTAL CON MATERIALES BIOCERÁMICOS EN DIENTES
PERMANENTES JÓVENES: UNA ALTERNATIVA PARA LA APEXOGÉNESIS.**

ALUMNO: OD. AWIL SALDE CANDELA
DIRECTOR: ESP. OD. GONZÁLEZ ANA JULIETA

MENDOZA. JULIO 2026

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de Cuyo, en especial a la Facultad de Odontología, por brindarme el espacio y las herramientas indispensables para llevar a cabo mi formación académica.

De manera muy especial, quiero agradecer a los docentes de la especialidad de endodoncia, Graciela, Alberto, Gimena, Maira, Antonella, y en especial a mi directora de tesis, la Od. Esp. González Julieta por su invaluable guía, paciencia y rigor científico a lo largo del cursado de la especialidad, gracias por compartir sus conocimientos.

A mis compañeros de clase, gracias por los debates académicos, las jornadas de estudio compartidas y el apoyo mutuo en los momentos de mayor presión.

Finalmente, dedico este logro a mi familia por el apoyo incondicional, las palabras de aliento y por ser el pilar fundamental que sostuvo mi camino. A mi hijo, Caleb llegaste para transformar mi mundo y enseñarme que el amor multiplica las fuerzas. Aunque eras un bebé durante este proceso, tu sonrisa al salir de cada clase fue el combustible que me hizo avanzar. Todo este esfuerzo es para y por ti.

A mis papás por permitirme la oportunidad de estudiar odontología y descubrir mi pasión por la misma y por recordarme siempre la importancia de mantener el equilibrio. Sin el respaldo de todos ustedes, la culminación de este proyecto no habría sido posible.

INDICE

Resumen..... Pag.4

Introducción..... Pag.5

Caso clínico Pag.21

Discusión Pag.24

Conclusión Pag.27

Bibliografía Pag.28

RESUMEN

La preservación de la vitalidad pulpar en elementos permanentes jóvenes con rizogénesis incompleta es un desafío clínico. Ante agresiones como la caries profunda, la terapia de pulpa vital se presenta como un enfoque mínimamente invasivo que busca mantener el tejido radicular sano para permitir la continuidad fisiológica de la formación radicular, proceso biológico conocido como apexogénesis. En este ámbito, los cementos a base de silicatos de calcio han ganado gran relevancia debido a su excelente biocompatibilidad, capacidad de sellado hermético y propiedades bioactivas para inducir la mineralización.

El objetivo de este trabajo es analizar las alternativas terapéuticas actuales y los biomateriales empleados en el tratamiento de apexogénesis para la preservación de la vitalidad pulpar en piezas permanentes jóvenes con desarrollo radicular incompleto.

Se expone el caso clínico de un paciente masculino de 8 años de edad, sin antecedentes médicos, que acudió derivado por dolor en el elemento 36. Clínicamente presentaba una caries profunda, con respuesta positiva transitoria al frío y ausencia de dolor a la percusión, diagnosticándose pulpitis reversible. Radiográficamente se constató un ápice inmaduro. Se ejecutó un protocolo estricto tras la exposición pulpar, y al evaluar las condiciones óptimas del tejido, se realizó una pulpotomía cameral total. Se logró la hemostasia y se colocó una capa de 3 mm de Bio-C Repair sobre el piso cameral. A los 15 meses de control, el paciente se mantuvo asintomático, con respuesta pulpar normal. Radiográficamente se evidenció el progreso de la apexogénesis.

Los hallazgos confirman la alta capacidad de autorreparación del complejo dentino-pulpar radicular cuando se elimina la porción coronal inflamada. La respuesta biológica favorable y el éxito clínico-radiográfico tras 15 meses coinciden con la literatura, que reporta tasas de éxito elevadas al asociar diagnósticos precisos, asepsia estricta y el empleo de biocerámicos modernos que estimulan la diferenciación celular y la liberación de factores de crecimiento de la matriz dentinaria

Podemos concluir que la pulpotomía total con el uso de Bio-C Repair constituye una alternativa predictiva, eficaz y segura para promover la apexogénesis y maturogénesis en dientes permanentes jóvenes, evitando tratamientos invasivos.

INTRODUCCIÓN:

El tejido pulpar desempeña varias funciones importantes, entre ellas defensa y vigilancia a cargo de células inmunitarias, nutrición, dentinogénesis y reconocimiento propioceptor. (Stockton LW, 1999) El tejido pulpar sano es capaz de generar tejido reparador duro, dentina secundaria y peritubular en respuesta a diversos estímulos biológicos y patológicos (Stockton LW, 1999).

La pulpa dental, un complejo tejido conectivo neurovascular, está recubierta por una capa de tejido duro no flexible de esmalte y dentina. El daño al esmalte y la dentina debido a caries, traumatismos o procedimientos restaurativos puede comprometer eventualmente el estado de la pulpa dental (Abuelniel GM, *et al.*, 2021).

La entrada de microorganismos y sus toxinas desde las lesiones cariosas al tejido pulpar puede causar cambios inflamatorios, conocidos como pulpitis (Al-Abdullah A, *et al.*, 2022). Clínicamente, la pulpitis se ha clasificado en formas reversibles e irreversibles según los antecedentes del paciente y la evaluación subjetiva preoperatoria y hallazgos objetivos, y evaluación radiográfica. (Al-Batayneh OB, *et al.*, 2022)

Los dientes con caries profundas que se aproximan a la pulpa o la afectan suelen presentar dificultades diagnósticas, y los clínicos a menudo optan por el tratamiento de conductos radiculares, que implica la extirpación de la pulpa vital inflamada y el relleno del conducto radicular con un material biocompatible inerte. (Al-Batayneh OB *et al.*, 2022). La clasificación clínica e histológica del estado de la pulpa mostró una buena concordancia cuando se utilizaron criterios bien definidos para guiar el tratamiento pulpar correcto. (Ali AH, *et al.*, 2018) (Ali AH, *et al.*, 2020)

Después de la erupción del diente, el desarrollo de la raíz y el cierre del ápice se completan en un plazo de tres años, durante este periodo, el diente es susceptible a diversos accidentes y agresiones. (Rafter M. 2005).

Estos órganos dentarios inmaduros analizados microscópicamente no presentan dentina apical revestida por cemento y cuando existe la necesidad de realizar el tratamiento endodóntico, es imprescindible el conocimiento de aspectos anatómicos característicos de estos dientes; asimismo, el conocimiento de factores que contraindican su tratamiento de conductos en una sola sesión. Dentro de los procedimientos endodónticos rutinarios, existen la biopulpectomía y la necropulpectomía (Leonardo MR, *et al.*, 1998) sin embargo, cuando a los órganos dentarios con rizogénesis incompleta se les requiere practicar alguno de estos

tratamientos, es de vital importancia la situación que guarda el tercio apical, (Nolla C. 1960) es decir, lo relacionado con el cierre apical y la formación radicular.

Los dientes con caries profundas que se aproximan a la pulpa o la afectan suelen presentar dificultades diagnósticas, y los odontólogos a menudo optan por el tratamiento de conductos radiculares, que implica la extirpación de la pulpa vital inflamada y el relleno del conducto radicular con un material biocompatible inerte. (Al-Batayneh OB *et al.*, 2022).

El tratamiento seleccionado va a depender del diagnóstico preciso para asegurar el propósito de la apicogénesis, apicoformación y la maturogénesis (Weisleder R, *et al.*, 2003), lo que va a depender de la situación pulpar y periapical de estos dientes permanentes jóvenes. Apicogénesis o apexogénesis es el tratamiento de dientes permanentes con pulpa vital, teniendo como propósito el mantenimiento de la vitalidad radicular para lograr el cierre exclusivamente del ápice radicular, es decir, en estos casos el tratamiento pulpar es conservador (Alventosa Martín JA. 1999). El desarrollo radicular comienza después de que la dentina y el esmalte han alcanzado la futura unión cemento adamantina (Camp JH, *et al.*, 2002). La vaina radicular de Hertwig inicia y modela la forma radicular, es decir, es la responsable de dar forma a la raíz o raíces de los dientes (Rafter, 2005); asimismo, dicha vaina epitelial de Hertwig toma la forma de uno o más conductos epiteliales, de acuerdo con el número de raíces del diente, un conducto por raíz. Durante esta formación radicular, el espacio apical se encuentra sumamente amplio y limitado por un diafragma de epitelio, las paredes dentinarias son divergentes en dirección apical y el conducto está ancho y abierto, conforme va pasando el tiempo se va depositando dentina en las paredes del conducto, estrechándolo y comprimiendo el tejido pulpar, hasta lograr la formación del foramen apical, completando la formación radicular transcurridos uno a cuatro años después de la erupción del diente en la cavidad bucal (Camp JH, *et al.*, 2002), aunque Bramante, *et al.*, (2000) y Walton RE, *et al.*, (2002) afirman que son tres años después de erupcionar.

Un diente con ápice abierto es denominado por algunos autores como: diente con ápice inmaduro, incompleto, divergente, trastocado, infundibuliforme, de trabuco, o arcabuz, en el que el conducto es más amplio en el tercio apical que en la zona interna hacia cervical, (Mondragon Espinoza JD. 1995) científicamente se denomina diente con rizogénesis incompleta, los otros términos no más coloquiales, aunque no son incorrectos, sin embargo, son los comúnmente empleados en la práctica diaria.

Patherson, (1958) según el desarrollo radicular y apical desarrolla la siguiente clasificación: Clase I. Desarrollo parcial de la raíz con abertura apical mayor que el diámetro del conducto

radicular. Clase II. Desarrollo casi completo de la raíz, con abertura apical mayor que el conducto radicular. Clase III. Desarrollo completo de la raíz con abertura apical del mismo diámetro del conducto radicular. Clase IV. Desarrollo completo de la raíz con diámetro apical más pequeño que el del conducto radicular. Clase V. Desarrollo radicular completo. Nolla (1960) según desarrollo dental y radicular clasifica de la siguiente manera 0. Ausencia de cripta: sin calcificación, no existe imagen radiográfica. 1. Presencia de cripta: línea circular radiopaca, encerrando una zona radiolúcida. 2. Calcificación inicial: imagen radiográfica dentro de la cripta de forma circular o media luna, inicio de mineralización de cúspides (separadas en premolares y molares). 3. Un tercio de corona completa: continua mineralización de cúspides (fusión cuspídea). 4. Dos tercios de corona completa: inicio de depósitos de dentina, 5. Corona casi completa: se insinúa forma coronal, con mínima constricción a nivel del esbozo del área cervical. 6. Corona completa: corona totalmente calcificada hasta la unión de cemento-esmalte, forma de corona definitiva. 7. Un tercio de la raíz completa: corona completamente formada e inicio de la formación de 1/3 de la raíz, longitud radicular menor que la corona. 8. Dos tercios de la raíz completa: corona totalmente calcificada y mayor longitud de la raíz, la longitud es igual o mayor que la corona, paredes divergentes y ápice amplio. 9. Raíz casi completa y ápice abierto: corona calcificada y raíz casi desarrollada totalmente, longitud radicular mayor que la corona, paredes del conducto paralelas y ápice parcialmente abierto. 10. Ápice cerrado: corona y raíz completamente desarrolladas, ápice cerrado (constricción definitiva).

Apicogénesis o apexogénesis, es el tratamiento conservador de la pulpa vital (recubrimiento directo y pulpotomía) que busca el proceso fisiológico de cierre biológico natural del ápice radicular, clase III y IV de Pathersson o estadio 9 de Nolla (Nolla C. 1960), permitiendo el desarrollo y formación de la dentina apical, conducto cementario apical, con la finalidad de que el conducto radicular adquiera forma y tamaño normal. Para que se considere exitosa una apicogénesis es necesario que después de una pulpotomía o recubrimiento pulpar directo la pulpa radicular preserve su vitalidad, con la completa deposición de dentina y cemento radicular apical (Leonardo MR, 2005.). Pulpotomía es un procedimiento clínico que consiste en la remoción del tejido pulpar coronario inflamado, con el mantenimiento de la integridad de la pulpa radicular (Sada A, 2005). Es una técnica de tratamiento endodóntico conservador, está indicada en dientes deciduos y permanentes que presenten comunicación pulpar por caries, dientes con ápice incompleto, pulpa expuesta por más de 24 horas proveniente de traumatismos y dientes con amplia destrucción coronaria. La indicación de la pulpotomía

está en la dependencia del estado patológico pulpar, el diagnóstico de esta condición es realizado de acuerdo con la anamnesis, examen radiográfico y especialmente el aspecto microscópico. El aspecto macroscópico que debe presentar la pulpa al momento de realizar la abertura coronaria es la consistencia, color rojo vivo brillante, hemorragia suave, resistente al corte y cese rápido de la hemorragia. El tejido remanente debe protegerse con un material protector que preserve su vitalidad, que estimule el proceso de reparación y formación de tejido mineralizado sobre el mismo, manteniendo el tejido pulpar radicular con estructura y función normal (Sada A, 2005). Un aspecto importante antes de la descripción de la secuencia técnica es que la literatura coincide en que los errores cometidos durante el diagnóstico, son los responsables del fracaso postratamiento conservador, además de que también puede presentarse por la ejecución incorrecta de las etapas clínicas de la pulpotomía. La técnica que se recomienda realizar es la siguiente: una vez establecido el diagnóstico y determinado el tratamiento conservador, se obtiene una radiografía de diagnóstico, anestesia, es necesario resaltar que no debe emplearse el bloqueo intrapulpar (Maisto OA, *et al.*, 1964) en virtud de que cuando la solución anestésica es inyectada con fuerte presión, conduce a una excesiva presión intrapulpar y degeneración de fibras nerviosas. En este momento se lleva a cabo el aislamiento, antisepsia del campo operatorio con gluconato de clorhexidina al 2% o hipoclorito de sodio al 2.5%; se ha demostrado que el empleo de estas soluciones bactericidas no permite el crecimiento bacteriano, por lo tanto, el aislamiento y la desinfección del campo operatorio son imprescindibles.

De acuerdo con Cvek, *et al.*, (1978) en ausencia de bacterias la pulpotomía alcanza 96% de éxito, la importancia de la ausencia de bacterias en la evolución del proceso de reparación pulpar fue evidenciado en el trabajo de Kakehashi y cols (1966) quienes demostraron que en pulpas dentales expuestas en animales libres de gérmenes no había crecimiento bacteriano. El paso siguiente en la pulpotomía es la remoción del tejido cariado con fresas esféricas de gran diámetro a baja velocidad y en este momento la remoción del techo de la cámara pulpar con puntas diamantadas en alta velocidad esterilizadas, la irrigación de la cámara pulpar debe realizarse con agua esterilizada, hidróxido de calcio y agua bidestilada o suero fisiológico; el sangrado ocasionado durante el acto operatorio provocado por la remoción de la pulpa coronaria, debe ser controlado por medio de irrigaciones sucesivas y abundantes, removiendo la solución con aspiración. El tejido pulpar expuesto no debe ser tocado durante este procedimiento, con el objetivo que no sufra algún daño mecánicamente, la remoción de la pulpa coronaria debe realizarse con cucharillas esterilizadas y afiladas para tener un corte

regular y uniforme, evitando desgarrar el tejido y favoreciendo el proceso de reparación, inclusive debe minimizarse la acumulación de restos dentinarios, toda vez que, cuando estos restos no están infectados pueden provocar inflamación tisular, consecuentemente calcificación distrófica, en virtud de que si permanecen estos restos de dentina infectada por caries, ocasionarán un proceso inflamatorio severo y necrosis pulpar, por lo tanto, se contraindica realizar la pulpotomía con piezas de alta o baja velocidad; la irrigación debe ser abundante y que no se forme un coágulo sanguíneo, porque la presencia de un coágulo entre la pulpa y el material protector reduce la incidencia de formación de tejido mineralizado en el 54% (Lim Kc, *et al.*, 1987).

Se recomienda a los profesionales cuidar que no se forme un coágulo sanguíneo espeso, la hemostasia debe obtenerse por medio de ligera compresión con torundas de algodón estériles e irrigación abundante con soluciones no irritantes. Una vez totalmente seca la cavidad, se debe colocar el material empleado como protector pulpar (pasta de hidróxido de calcio o MTA). Además del hidróxido de calcio y el MTA, en los últimos años se ha experimentado en estudios *in vivo* e *in vitro*, la aplicación de proteínas óseas morfogenéticas (BMPs), proteínas osteogénicas (Ops), factores de crecimiento transformadores β colágeno, cerámicas bioactivas e hidroxiapatita (Canova GC, 2003). Finalmente se coloca una base cavitaria y restauración definitiva del órgano dentario tratado mediante pulpotomía.

El éxito de un diente con ápice abierto se fundamenta en tres aspectos: clínico, radiográfico e histológico, los primeros son posibles de llevarse a cabo cuando los pacientes acuden a sus citas de control (Felippe WT, *et al.*, 2006).

El cuadro morfológico del proceso de reparación en la región apical de estos dientes mantiene relaciones estrechas con factores como el estadio de desarrollo radicular, condiciones de la pulpa dental y de los tejidos perirradiculares en el momento de la intervención y el material utilizado en el tratamiento (Lopes HP, *et al.*, 1999).

La reparación apical de los dientes con rizogénesis incompleta se efectúa a partir de los odontoblastos, cuando existe la preservación de la pulpa radicular; la papila dentaria y vaina de Hertwig, que cuando se preservan, inclusive desorganizadas y en ausencia de lesión periapical crónica, existirá diferenciación celular en odontoblastos para promover la formación de dentina radicular, los cementoblastos y células mesenquimales indiferenciados y jóvenes del ligamento periodontal, cuya diferenciación y actividad conducen a la producción de matriz mineralizada para complementar la raíz del diente, que algunos autores denominan matriz cementoide u osteoide (Lopes HP, *et al.*, 1999).

El proceso de reparación de dientes con rizogénesis incompleta depende de las condiciones del periápice y de la pulpa en el tratamiento radicular y conservador, respectivamente, en la que la vaina epitelial de Hertwig continúa su función con la consecuente formación radicular. El MTA favorece la reparación de estos dientes con ápice incompleto en virtud de que posee la capacidad de formación de hueso, cemento y facilita la regeneración del ligamento periodontal sin provocar inflamación; sin embargo, se apoya la idea de que el MTA apenas crea las condiciones biológicas y físicas para la reparación de los tejidos periapicales (Miñana Gomez M.2000).

La clasificación clínica e histológica del estado de la pulpa mostró una buena concordancia cuando se utilizaron criterios bien definidos para guiar el tratamiento pulpar correcto. (Ali AH, *et al.*, 201) (Ali AH, *et al.*, 2020)

Se ha demostrado que, incluso en dientes diagnosticados con pulpitis irreversible, los cambios inflamatorios se limitaban a la porción coronal de la pulpa subyacente a la lesión cariosa, mientras que el resto del tejido pulpar permanecía sano y vital. Esto subraya la resiliencia de la pulpa inmunocompetente frente a la agresión microbiana y su excelente potencial de reparación, lo que supone un desafío para el enfoque más agresivo del tratamiento de conductos radiculares (Ali AH, 2018)

Las técnicas de terapia de pulpa vital (TPV) son enfoques alternativos mínimamente invasivos y de base biológica para el tratamiento de conductos radiculares en el manejo de dientes con pulpas vitales normales o inflamadas. El objetivo de la TPV es preservar la vitalidad y la función de la pulpa dental cuando está dañada por traumatismos, caries o restauraciones. (Al-Abdullah A, *et al.*, 2022)

Para Coll, J. A., *et al* (2025) el tratamiento pulpar vital (TPV) incluye el tratamiento pulpar indirecto (TPI), el recubrimiento pulpar directo (CPD), la pulpotomía parcial (PP) y la pulpotomía completa (PC). Estas técnicas difieren en cuanto al nivel de eliminación del tejido pulpar.

La PC es un procedimiento que elimina toda la pulpa coronal. Luego se coloca un material biocompatible sobre los orificios del conducto radicular para preservar la vitalidad de la pulpa radicular.

Con una tasa de éxito comparable, la pulpotomía tiene varias ventajas sobre el tratamiento de conducto radicular, ya que es más rentable, más fácil de realizar técnicamente, requiere menos tiempo, y es mínimamente invasiva (Asgary S, *et al.*, 2014) (Galani M, *et al.*, 2017). En dientes permanentes con caries profundas y exposición pulpar, la pulpotomía, ya sea

pulpotomía parcial o pulpotomía completa, demuestra tasas de éxito más altas en comparación con recubrimiento directo de la pulpa (Aguilar P, et al 2011).

Se debe establecer un diagnóstico diferencial para seleccionar tratamientos endodónticos para dientes inmaduros.

En el manejo de dientes con inflamación pulpar, junto con una comprensión cada vez mayor de la biología pulpar y los materiales dentales, ha resurgido el interés de los clínicos en utilizar la terapia de pulpa vital como modalidad de tratamiento definitiva (Ayhan M, *et al.*, 2023).

Los factores que afectan el éxito de la TPV incluyen el diagnóstico preoperatorio, el desarrollo del ápice radicular, los niveles de dolor, la capacidad de lograr la hemostasia, la elección de la solución de lavado de la herida, el agente de recubrimiento y el tiempo transcurrido antes de la restauración final. (Baraka M *et al.*, 2022).

A pesar de la alta tasa de éxito de la TPV en dientes permanentes, persisten las incertidumbres con respecto al manejo clínico de las lesiones cariosas profundas y la TPV, particularmente en lo que respecta a la selección de casos, las indicaciones y los protocolos clínicos. (Al-Abdullah A, *et al.*, 2022)

Los mecanismos de reparación de la pulpa son similares a los observados en el tejido conjuntivo normal lesionado por un traumatismo. Cuando el esmalte y la dentina sufren de una agresión y la pulpa queda expuesta al avance de los microorganismos, los cambios inflamatorios inducen necrosis pulpar, tras la cual se producen cambios patológicos progresivos, entre los que se incluyen la infección y sus complicaciones (Bjorndal L, *et al.*, 1998)

Para Duncan HF, *et al.*, (2023) y Guang J, *et al.*, (2022), la terapia de pulpa vital (TPV) tiene como objetivo preservar la vitalidad de la pulpa y los tejidos pulpares sanos estimulando la regeneración del complejo dentino-pulpar manteniendo su función como la propiocepción, la función mecanorreceptora, la inervación y la vascularización.

Cuando los dientes inmaduros sufren accidentes y agresiones, la raíz deja de formarse y el tratamiento de conductos se convierte en un gran desafío debido al ancho del conducto y a la gran apertura de los ápices. Una evaluación cuidadosa del caso y un diagnóstico pulpar preciso son fundamentales en el tratamiento de dientes inmaduros con lesión pulpar. Para la evaluación clínica del estado pulpar, es necesario obtener una historia clínica completa de los síntomas subjetivos, un examen clínico y radiográfico exhaustivo y la realización de pruebas diagnósticas. Es imprescindible obtener un historial preciso del dolor, considerando

su duración, naturaleza y los factores que lo agravan o alivian. Es necesaria la confirmación mediante pruebas objetivas. Estas incluyen el examen visual, la prueba de percusión y la prueba de pulpa térmica y eléctrica. (Rafter M. 2005)

La interpretación radiográfica puede ser difícil. Un diente inmaduro con pulpa sana suele estar rodeado por una región radiolúcida donde el ápice abierto aún se está formando. Puede resultar difícil diferenciar este hallazgo de una radiolucidez patológica resultante de una pulpa necrótica. La comparación con el periápice del diente contralateral puede ser útil. (Rafter M. 2005)

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) o tomografía volumétrica digital supera las desventajas de la radiografía bidimensional, pero a costa de una mayor radiación y un costo más elevado. Los procedimientos de apexogénesis pueden utilizarse si se considera que la pulpa es importante. (Paulindraraj S, et al; 2015)

Aunque los procedimientos de recubrimiento de pulpa vital y pulpotomía de pulpas expuestas por caries en dientes maduros siguen siendo controvertidos, se acepta universalmente que la terapia de pulpa vital es el tratamiento de elección para los dientes inmaduros (ápices incompletamente desarrollados) (Fong Cheng, *et al.*, 2002).

Cuando se produce una exposición pulpar en un diente inmaduro, es apropiado utilizar una técnica clínica que preserve la mayor cantidad posible de pulpa vital. Este paso permite la deposición fisiológica continua de dentina y el desarrollo completo de la raíz (Camp JH, 1987). La madurogénesis ha definido como el desarrollo fisiológico de la raíz, no restringido al segmento apical. La deposición continua de dentina ocurre a lo largo de toda la raíz, lo que proporciona mayor resistencia y durabilidad (Anthony DR, *et al.*, 1981).

El tratamiento de la pulpa vital está diseñado para preservar y mantener la salud pulpar en dientes que han sido objeto de traumatismos, caries, intervenciones de restauración o anomalías anatómicas. El tratamiento puede aplicarse a dientes permanentes que muestran lesiones pulpares reversibles, y los resultados dependen de diversos factores. (Cho Sy, *et al.*, 2013).

El tratamiento de la pulpa vital en un diente inmaduro para permitir el crecimiento continuo de la raíz y el cierre apical se denomina apexogénesis. La terapia de pulpa vital (TPV) tiene como objetivo conservar el tejido pulpar sano dañado por traumatismos, caries o técnicas restauradoras. Esto es fundamental para los adultos jóvenes con dientes que carecen de un sistema radicular completamente desarrollado. La conservación del tejido pulpar radicular en este diente permite una maduración apical continua (Gill, *et al.*, 2024).

Las lesiones cariosas en dientes permanentes jóvenes con ápices incompletamente desarrollados representan el mayor desafío en términos de mantener la vitalidad de la pulpa y permitir un mayor desarrollo de la raíz y el cierre apical. La preservación de la vitalidad de la pulpa es primordial, ya que la pulpa vital y funcional es esencial. Los tejidos pueden iniciar mecanismos de autorreparación y proteger el diente de la invasión bacteriana (HR Eppa, et al; 2018), mientras que el daño irreversible puede causar necrosis y detener el desarrollo de la raíz (Witherspoon, E. 2008).

Los experimentos funcionales demuestran que, en los tejidos pulpaes vitales, los odontoblastos, los fibroblastos y las células inmunitarias, junto con moléculas funcionalmente relacionadas, participan conjuntamente en la respuesta inmunitaria, defensa, mantener la capacidad reparadora y promover la curación del tejido de la pulpa dental (Bjorndal L, *et al.*, 2019)

Los tratamientos endodónticos más adecuados para dientes inmaduros variarán según los criterios de selección del caso, el estado de la pulpa dental como vital o no vital, o si tiene pulpitis irreversible con un mal pronóstico para la vitalidad pulpar continua, y la etapa de desarrollo de madurez de los conductos radiculares. Esto se debe a que los dientes inmaduros que están casi completamente desarrollados, con paredes dentinarias gruesas y fuertes, son más capaces de resistir la fractura dental. Sin embargo, los dientes muy inmaduros en una etapa temprana de desarrollo, con paredes dentinarias delgadas y débiles, son más propensos a fracturarse, y estos dientes frágiles se beneficiarían más del tratamiento endodóntico regenerativo para continuar la dentinogénesis y fortalecer los dientes. Por lo tanto, el tratamiento endodóntico regenerativo no siempre es óptimo para dientes inmaduros, y se debe utilizar un diagnóstico diferencial para seleccionar el tratamiento más apropiado con la mayor tasa de éxito entre la apexificación, la apexogénesis, el tratamiento de conducto radicular convencional, la pulpotomía parcial de Cvek y la endodoncia regenerativa. (Murray P. E. 2023)

La apexogénesis es un procedimiento que desbrida la pulpa coronal lesionada del conducto radicular de un diente permanente inmaduro con pulpa vital. La eliminación de la pulpa superficial lesionada o infectada es necesaria para prevenir la propagación de necrosis, infección o pulpitis irreversible, permitiendo que la pulpa vital, no infectada y no inflamada restante continúe la maduración y el desarrollo fisiológico de las raíces (Goldstein *et al.*, 1999)

La apexificación y la apexogénesis no son tratamientos comparables para el mismo diente. Esto se debe a que, a diferencia de la apexificación descrita anteriormente, la apexogénesis es un tratamiento de recubrimiento de pulpa vital, mientras que la apexificación es un tratamiento de pulpa no vital (necrótica). La apexogénesis mantiene la supervivencia de la pulpa vital para continuar la maduración y el engrosamiento de la raíz, lo que puede fortalecer el diente para resistir fracturas. Por lo tanto, debido a que la pulpa sigue siendo vital y capaz de mineralizar la dentina radicular, tampoco existe una justificación racional para proporcionar un tratamiento endodóntico regenerativo o una obturación de conducto radicular convencional. La tasa de éxito a largo plazo de la apexogénesis en dientes anteriores y posteriores fue de entre el 82,5 % y el 96,4 % (Mousivand *et al.*, 2021).

Según Seale NS, et al, (2010), el objetivo principal del tratamiento de la pulpa vital es el de iniciar la formación de dentina terciaria reparadora o la formación de puentes calcificados. Este tipo de intervenciones es esencial para la conservación de dientes permanentes inmaduros, cuando es posible que el desarrollo radicular sea incompleto, pues el mantenimiento de la integridad de la arcada dental es esencial durante el desarrollo maxilofacial.

El objetivo principal del recubrimiento pulpar es proteger el tejido subyacente de cualquier estrés externo, especialmente de las bacterias. Por lo tanto, la calidad del relleno y su sellado son de suma importancia. Durante muchos años se pensó que este sello era el único factor determinante del éxito del procedimiento. En la década de 1990, se informó que los recubrimientos pulpaes directos con adhesivos de resinas adheridas arrojaban buenos resultados a mediano plazo (Cox CF, *et al.*, 1998).

Sin embargo, el deterioro del material, especialmente de las uniones de sellado, no se había considerado adecuadamente. Aunque los resultados fueron aceptables durante un período de meses, la destrucción del sellado y la posterior infiltración de bacterias provocaron respuestas inflamatorias agudas varios meses después del tratamiento o a un 'nivel bajo' necrosis pulpar (Nair PN, *et al.*, 2008)

Estas deficiencias dieron lugar a un cambio de paradigma en los conceptos biológicos subyacentes. El cierre biológico completo de la herida, que incluyera un sellado a largo plazo, pasó a considerarse esencial. Esto se logró inicialmente mediante el uso de materiales con propiedades bioactivas, seguido del desarrollo de otros materiales con el objetivo explícito de inducir la formación de un puente de dentina. Durante años, el hidróxido de

calcio se ha utilizado como material de recubrimiento, ya sea sin diluir o en combinación con resinas para facilitar su manipulación (Heys DR, *et al.*, 1981)

El producto más conocido de este tipo es Dycal® (Dentsply, De Trey). Aunque la aplicación de este material directamente a la pulpa da como resultado la formación de una barrera mineral, llamada erróneamente "puente de dentina", esta barrera no es uniforme ni está unida a la pared de dentina, lo que impide la formación de un sellado duradero. Dado que este material tiende a disolverse con el tiempo, después de unos meses, la situación clínica es similar a la que se presenta cuando no se utiliza ningún material de recubrimiento para el tratamiento. Si bien el hidróxido de calcio ha sido el material de recubrimiento pulpar de elección durante muchos años, esto ya no es así. (Goldberg F, *et al.*, 1984)

Según Witherspoon DE. (2008), un material de recubrimiento debe tener una serie de características específicas, de las cuales las tres siguientes son cruciales. Primero crear una protección inmediata de la pulpa expuesta para protegerla las primeras semanas antes de que se forme el puente mineralizado,—cumplir con todos los requisitos de no toxicidad y biocompatibilidad, y poseer propiedades bioactivas que estimulan los principios biológicos involucrados en la formación de una barrera mineralizada entre la pulpa que se está tratando y el propio material.

Una vez expuesta la pulpa, la capa de odontoblastos suele estar dañada. Dado que estas células son las únicas productoras de dentina, la formación de una barrera mineralizada requiere la inducción del crecimiento de neododontoblastos, ya que estos últimos son las únicas células capaces de secretar dentina. Como estas células altamente diferenciadas son postmitóticas (y, por lo tanto, no se regeneran mediante división celular mitótica, como ocurre con los demás tejidos), el proceso de curación requiere la activación de mecanismos regenerativos (Simon S, *et al.*, 2011).

En un proceso reparador, las células progenitoras son reclutadas al sitio de la herida mediante quimiotaxis o plitotaxis. Al entrar en contacto con el material de recubrimiento, estas células se diferencian en células secretoras de dentina y sus funciones biológicas se activan. Idealmente, el biomaterial debería generar las siguientes tres respuestas: quimiotaxis, estimulación de la diferenciación y activación de la síntesis de dentina. Los resultados obtenidos hasta la fecha con biomateriales a menudo se han descubierto por casualidad, una vez que el dispositivo dental en cuestión se comercializó. (Hirata A, *et al.*, 2014)

La dentina es un tejido parcialmente mineralizado cuya fase orgánica consiste en una matriz de colágeno tipo I enriquecida con diversas proteínas de la matriz no colágenas. Estas

proteínas son inicialmente secretadas por los odontoblastos y posteriormente fosilizadas durante el proceso de mineralización (Smith AJ, *et al.*, 2016). La multitud de proteínas de la matriz incluye un gran número de factores de crecimiento, como TGF- β , VEGF y ADM. Cualquier proceso biológico (cariótico) o terapéutico (grabado) que desmineralice la dentina produce la liberación de estos factores de crecimiento de la matriz (Simon SRJ, *et al.*; 2011). Aunque la mayoría de los factores de crecimiento se liberan en la saliva, algunos pueden difundirse a través de los túbulos dentinarios y alcanzar la pulpa dental (Sloan AJ, *et al.*, 1998).

Otra forma de estimular la liberación de factores de crecimiento de la dentina es mediante el uso de biomateriales que desencadenan una desmineralización parcial pero mayormente controlada cuando entra en contacto con la dentina. Las proteínas de la matriz dentinaria pueden liberarse de la dentina por exposición a hidróxido de calcio (Graham L, *et al.*, 2006), agregado de trióxido mineral (Tomson PL, *et al.*, 2007) o cualquier sustancia de grabado utilizada durante la adhesión (Ferracane JL, *et al.*, 2010). Las proteínas de la matriz dentinaria potencian la quimiotaxis, la angiogénesis y la diferenciación de células progenitoras en células dentinogénicas (Liu J, *et al.*, 2005). Sin embargo, actualmente no existen soluciones terapéuticas viables para aprovechar las propiedades de estas proteínas.

Cuando el tejido dental se desmineraliza debido a la caries, se liberan proteínas de la matriz de la dentina, y estas pueden circular libremente en los túbulos dentinarios (Liu J, *et al.*, 2005).

La inflamación tiene una fuerte connotación negativa en odontología. La pulpitis suele asociarse con dolor, lo cual no siempre es así, y efectos adversos. Efectos que provocan la destrucción y necrosis del tejido pulpar. El tratamiento de este dolor requiere la extirpación quirúrgica del tejido inflamado, un procedimiento a menudo invasivo, y puede resultar difícil determinar la extensión de la lesión para aplicar tratamientos mínimamente invasivos. Debido a las dificultades para delimitar la extensión de la enfermedad, la mayoría de los casos terminan requiriendo una pulpectomía completa y un tratamiento de conducto. Sin embargo, a pesar de los efectos adversos de la inflamación, también tiene efectos positivos. La inflamación marca el primer paso de la cicatrización de los tejidos. La inflamación ayuda, por un lado, limpiando y desinfectando la herida que se va a curar y, por otro lado, desencadenando la secreción de diversas sustancias (citoquinas) que ayudan en el proceso de cicatrización y regeneración (Cooper PR, *et al.*, 2010).

En el ámbito clínico, la inflamación pulpar se suele clasificar como reversible o irreversible. El proceso inflamatorio está presente o no, y si lo está, no se puede revertir. La reversibilidad implica que el proceso se controla lo suficiente como para detenerlo y guiarlo hacia la cicatrización. Cuando la inflamación está demasiado avanzada para controlarla, se dice que es irreversible. Este término se refiere a una situación clínica específica asociada con elementos diagnósticos relativamente básicos (el tipo de dolor, su persistencia, etc.) que guardan poca relación con el estado histofisiológico y patológico del tejido pulpar. Esta falta de correlación se ha demostrado durante años (Dummer PM, et al; 1980) y se ha confirmado en numerosas ocasiones mediante diversos experimentos (Ricucci D, *et al.*, 2014) Algunos estudios han investigado marcadores de inflamación pulpar y su posible uso en el diagnóstico o el tratamiento (Zanini M, et al; 2017). Si bien se sabe que estos marcadores existen, la información más específica sigue siendo difícil de obtener y se necesitan estudios más rigurosos para poder contar con herramientas de diagnóstico fiables y casos de uso

Actualmente, ante la falta de información biológica adicional, los profesionales deben trabajar con lo que está disponible. La información para definir el dolor del paciente, así como pruebas térmicas y eléctricas, cuya fiabilidad aún es subóptima. Se pueden utilizar otras opciones basadas en la observación, como el control de la hemostasia durante la exposición pulpar y/o la pulpotomía parcial, como marcadores clínicos. La inflamación se asocia con hipervascularización, que se puede identificar por la intensidad del sangrado. Sin embargo, puede producirse un sangrado de intensidad similar al cortar el tejido conectivo vascular. Para visualizar la diferencia, se puede colocar una bolita de algodón húmeda directamente sobre el tejido, aplicando presión durante 1-2 minutos. Este tiempo es suficiente para lograr la hemostasia en condiciones fisiológicas. Si el sangrado persiste, se puede suponer que parte del tejido pulpar está inflamado y que es necesaria su extirpación parcial hasta exponer tejido sano. Dado que pueden existir diferencias considerables entre una situación y otra, y debido a la variabilidad de interpretación entre profesionales, estos marcadores no son lo suficientemente fiables para inferir si el tejido pulpar está inflamado o no. Por lo tanto, es evidente que los métodos para identificar y evaluar la presencia de tejido inflamado en la pulpa expuesta son arbitrarios e inadecuados. A pesar de la clasificación binaria, reversible versus irreversible, la evaluación histológica confirma que no es fácil diferenciar una de la otra.

El agregado de trióxido mineral (MTA) se convirtió gradualmente en el material de elección con el tiempo a medida que aumentaba la evidencia científica de su éxito clínico. (Nair PN,

et al., 2008). Se vende como un polvo para mezclar con agua, la sustancia se coloca en una bandeja de vidrio y se aplica directamente a la pulpa utilizando un instrumento específico, como el Micro-Apical Placement (MAP) Sistema® (PDSA, Vevey, Suiza). El material no se compacta, sino que se coloca en contacto directo con la pulpa y luego se golpea suavemente contra la pared de dentina usando un trozo de papel grueso o un Bolita de algodón. Actualmente se recomienda modificar su uso en esta circunstancia específica y restaurar el diente inmediatamente con resina compuesta adherida. Dado que el material tarda más de 4 horas en fraguar, es necesario tomar diversas precauciones, ya que rociar agua para enjuagar la cavidad, por ejemplo, podría eliminar el material recién aplicado. Si el protocolo de restauración incluye rociar el tejido dental con agua, recomendamos completar este paso antes de la aplicación del MTA. La superioridad de las propiedades biológicas de este material se ha demostrado mediante estudios *in vitro* e *in vivo*, así como en ensayos clínicos que lo comparan con el hidróxido de calcio (Hilton TJ, *et al.*, 2013). Se ha demostrado que los puentes de dentina formados con este material tienen una mejor calidad histológica en comparación con los formados con hidróxido de calcio (Nair PN, *et al.*, 2008). Uno de los principales inconvenientes de este material es la dificultad para manipularlo y el riesgo de inducir discromía dental debido a la presencia de óxido de bismuto, que normalmente se añade al material para mejorar su radiopacidad.

Numerosos fabricantes han dedicado años al desarrollo de una serie de materiales similares (cementos hidráulicos) con el objetivo de sortear esta limitación, lo que ha dado como resultado la sustitución del óxido de bismuto por óxido de circonio.

Un material hidráulico a base de silicato tricálcico (Biodentine®, Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, Francia) se comercializó en 2012. Desarrollado inicialmente como sustituto de la dentina para obturaciones coronales, ejerció efectos sobre los tejidos biológicos que llevaron a la ampliación de sus indicaciones para incluir el recubrimiento pulpar (Zanini M, *et al.*, 2012) Una de sus cualidades más destacadas es su capacidad para iniciar la mineralización y la diferenciación celular (Laurent P, *et al.*, 2012). Estos resultados son motivo suficiente para el optimismo respecto a su uso clínico a largo plazo.

Además de su capacidad para proteger la pulpa y su actividad biológica, control de la inflamación, estos materiales de recubrimiento también tienen la capacidad de liberar proteínas de la matriz dentinaria al entrar en contacto con dicho material. Esto se ha demostrado en particular para el hidróxido de calcio y el MTA (Tomson PL, *et al.*, 2007). Por lo tanto, estas sustancias combinan un efecto biológico directo sobre la pulpa con un

efecto indirecto al causar una liberación gradual y retardada de factores de crecimiento, incluyendo varias entidades antiinflamatorias.

El material en contacto con la dentina puede extraer proteínas de la matriz, que pueden moverse a través de los túbulos dentinarios, que son bastante grandes a esta profundidad, y así promover la curación de la pulpa (Simon SR, *et al.*, 2012). Esta es una aplicación donde el uso de Biodentine® podría tener un gran potencial, ya que podría utilizarse para rellenar una cavidad coronal completa, algo que no es posible con MTA. Sin embargo, el comportamiento mecánico del material aún requiere un procedimiento adicional en el que se recubre con un composite adherido que mejora la estética de la restauración y evita la disolución del material de sustitución.

Drukteinis, S. *et al* (2021) indica una pulpotomía de la cámara pulpar cuando no es posible evaluar el sangrado en el sitio de exposición pulpar o ante cualquier duda sobre el estado inflamatorio de la pulpa. En tales casos, probablemente sea más seguro realizar una pulpotomía profunda.

Describe la técnica de la siguiente manera, en primer lugar, anestesiarse el diente como en un procedimiento restaurador. El uso de un vasoconstrictor es una opción, pero deben considerarse sus consecuencias para el resto del tratamiento, porque controla el sangrado. Posteriormente la colocación del dique de goma y desinfección, Eliminación de los tejidos cariados y limpieza de la cavidad con un excavador y fresas cerámicas con refrigeración. Se recomienda eliminar primero la mayor parte del tejido cariado antes de exponer la pulpa dental. El sangrado se controla colocando una bolita de algodón húmeda (con agua estéril) en la cavidad con una compresión suave. Retirar la bolita de algodón y evaluar el sangrado. No se debe utilizar ningún otro producto para detener la hemorragia (sulfato férrico, láser, etc.). La cámara pulpar se vacía por completo, la pulpa coronal se elimina con una fresa de carburo y una pieza de mano de baja velocidad con abundante agua. La pulpa se corta con un excavador afilado y estéril en la entrada del conducto radicular. El sangrado se controla aplicando una ligera presión con una bolita de algodón húmeda. Los restos de pulpa radicular se recubren con el material de recubrimiento, como se describió anteriormente. El resto de la cavidad coronal se rellena con el mismo material (Biodentine) o con una resina compuesta adherida. Se realiza una radiografía postoperatoria para evaluar la calidad del tratamiento y comprobar la oclusión. El paciente debe acudir a revisiones periódicas a corto y largo plazo. Cabe destacar que, en caso de pulpotomía de la cámara pulpar, las pruebas de sensibilidad no son fiables.

Los recientes avances en la investigación que demuestran que el complejo dentino-pulpar es capaz de repararse a sí mismo y regenerar tejido mineralizado ofrecen la esperanza de nuevas modalidades de tratamiento endodóntico que puedan proteger la pulpa vital, inducir la dentinogénesis reactiva y estimular la revascularización (Simon S, *et al.*, 2014).

El objetivo de este trabajo es analizar las alternativas terapéuticas actuales y los biomateriales empleados en el tratamiento de apexogénesis para la preservación de la vitalidad pulpar en piezas permanentes jóvenes con desarrollo radicular incompleto.

CASO CLÍNICO:

Paciente masculino de 8 años de edad, sin antecedentes médicos de relevancia fue derivado el 26 de febrero del 2025 al servicio de la Especialidad en Endodoncia, de la Facultad de Odontología, de la Universidad Nacional de Cuyo, refiriendo sintomatologías dolorosas asociadas al elemento 36.

Al examen clínico, se observó la presencia de una restauración de material provisorio y caries macropenetrante de larga evolución con compromiso evidente de la estructura dentaria.

Durante la anamnesis el paciente relató no haber presentado ningún signo de dolor espontáneo.

Las pruebas diagnósticas revelaron una respuesta positiva a las pruebas de sensibilidad pulpar realizada con frío (Klepp Ice, Grimberg Dentales, Argentina), de corta duración, que cede al retirar el estímulo, no presentó signos de dolor a la palpación y percusión tanto horizontal como vertical, ni movilidad dental, lo que sugiere un diagnóstico de pulpitis reversible.

Radiográficamente se observó a nivel coronario una imagen radiopaca compatible con restauración provisorio, rodeada por área radiolúcida compatible con caries, una cámara pulpar y conductos radiculares amplios, asociados a ápice inmaduro. (fig. 1)

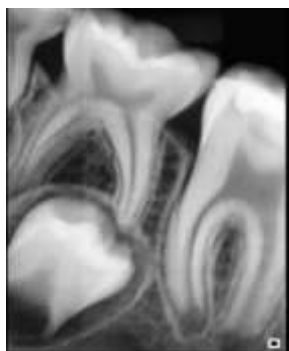


Fig. 1: RX preoperatoria

Se consideró el estado de reversibilidad de la afección pulpar y el desarrollo radicular incompleto para optar por una terapéutica vital conservadora mediante una biopulpectomía parcial. El plan de tratamiento buscó mantener el remanente pulpar radicular sano para la maduración del ápice y la continuidad del desarrollo radicular. Se procedió bajo estrictas

condiciones de asepsia con aislamiento absoluto. En primera instancia se realizó anestesia local infiltrativa (Totalcaina forte, Lab. Bernabó, Arg) y se realizó el aislamiento absoluto de la pieza a tratar con goma dique y clamp 202. A continuación, se procedió a la eliminación del tejido cariado mediante el uso de una fresa redonda nº4, a baja velocidad. Durante la remoción del tejido carioso reblandecido a lo largo del techo de la cámara, se produjo la consecuente exposición pulpar. Ante esto, se optó por una terapia de vitalidad pulpar conservadora, pulpotomía cameral, ya que el tejido presentaba condiciones óptimas: consistencia al corte, buen cuerpo y hemorragia controlable.

Se realizó la remoción de la pulpa cameral con cucharilla de black 32L (hu friedy – Chicago) hasta la entrada de los conductos radiculares, se irrigó con hipóclorito de sodio al 2,5 % (Tedequim srl, Argentina) de forma lenta y controlada, con posterior lavaje con solución fisiológica con jeringa tipo Luer y aguja 30G (tedequim srl, Argentina). El secado se realizó suavemente con torundas de algodón estéril.

Una vez lograda la hemostasia eficaz y el secado de la cavidad con torundas de algodón estéril, se procedió a la colocación del cemento biocerámico reparador Bio-C Repair (Angelus). El material fue llevado a la cámara pulpar con mediante una espátula de lado (Belkys, Argentina) y se adaptó de manera homogénea sobre el piso cameral con torunda de algodón estéril ligeramente humedecida con solución fisiológica, cubriendo los remanentes pulpares en la entrada de los conductos radiculares con un espesor aproximado de 3mm. Posteriormente se continuo con la restauración oclusal para el sellado inmediato y soporte estructural, se colocó una base de ionómero vítreo (Fuji II LC, GC Corporation, Tokio, Japón), seguida de una restauración definitiva con resina compuesta (Filtek Z250 XT, 3M Oral Care, St. Paul, MN, USA) mediante técnica adhesiva.

Se procedió a realizar radiografía a través de radiovisiografo (Saevo Slim, gnatus, Brasil) con la intención de verificar la correcta adaptación del material a las paredes dentinarias para garantizar un sellado hermético y biológico que favorezca la continuidad del desarrollo radicular (fig. 2).



Fig 2. RX postoperatoria.

El 28 de abril del año 2026, 15 meses después del tratamiento inicial, se realizó el control clínico y radiográfico del elemento 36.

En la evaluación clínica el elemento presentó una respuesta positiva retardada a la prueba de sensibilidad con frío (Endo ICE, Kleep, Argentina), que cedió inmediatamente al retirar el estímulo, lo cual es un indicador clínico de una pulpa con capacidad de respuesta y ausencia de procesos inflamatorios irreversibles. El paciente se encontró asintomático, sin dolor a la percusión ni a la palpación, y con una función masticatoria conservada. La restauración se mantuvo íntegra y sin filtraciones marginales aparentes.

Para evaluar la evolución se tomó una radiografía periapical (Saevo Slim, gnatus, Brasil) del elemento tratado, se observó un avance favorable evidenciado por la continuidad del desarrollo radicular y el progresivo cierre apical del órgano dentario. Asimismo, se constata el mantenimiento del espacio del ligamento periodontal y la integridad de la lámina dura, sin evidencia de signos de reabsorción interna o externa, ni zonas de radiolucidez periapical. Lo que confirma que el tejido pulpar radicular se ha mantenido vital y funcional gracias al sellado biológico proporcionado por el biocerámico. Se observa una banda radiopaca compatible con la formación de un puente dentinario bajo el material Bio-C Repair (Fig 3).



Fig. 3 RX control 15 meses

DISCUSIÓN

La preservación de la vitalidad pulpar constituye actualmente uno de los objetivos fundamentales en el tratamiento de dientes permanentes jóvenes con desarrollo radicular incompleto. En el presente caso, la elección de una terapia pulpar vital mediante pulpotomía coronal permitió mantener la vitalidad del tejido pulpar radicular y favorecer la continuación del desarrollo fisiológico de la raíz, evidenciado clínica y radiográficamente durante el seguimiento de 15 meses.

El diagnóstico inicial de pulpitis reversible se estableció a partir de la anamnesis, la respuesta positiva y transitoria a las pruebas térmicas, la ausencia de dolor espontáneo y la inexistencia de signos clínicos y radiográficos de compromiso periapical. Estos hallazgos coinciden con lo descrito por Al-Batayneh *et al.*, (2022), quienes señalan que la evaluación clínica, complementada con pruebas diagnósticas y radiográficas, constituye la base para seleccionar terapias conservadoras en dientes con caries profundas. Asimismo, Ali *et al.* (2018; 2020) reportaron una adecuada correlación entre los hallazgos clínicos e histológicos cuando se utilizan criterios diagnósticos bien definidos para orientar el tratamiento pulpar.

En este caso se decidió realizar una pulpotomía total debido a que, una vez producida la exposición pulpar, el tejido remanente presentó características clínicas compatibles con un estado favorable para la conservación de la vitalidad, incluyendo consistencia firme, coloración adecuada y una hemorragia controlable. Sada (2005) describe estos parámetros como indicadores clínicos de una pulpa radicular sana y con potencial reparador. De manera similar, Drukteinis *et al.* (2021) sostienen que la pulpotomía completa constituye una alternativa segura cuando existe incertidumbre respecto de la extensión de la inflamación pulpar, permitiendo eliminar el tejido coronario comprometido y preservar la pulpa radicular funcional.

Los resultados obtenidos en el presente caso respaldan los conceptos actuales sobre la capacidad de reparación del complejo dentino-pulpar. Diversos autores han demostrado que incluso en dientes diagnosticados clínicamente con inflamación pulpar avanzada, el proceso inflamatorio suele limitarse a la pulpa coronal, mientras que el tejido radicular mantiene capacidad inmunológica y reparadora (Ali *et al.*, 2018). Esta observación cuestiona los enfoques tradicionales basados en la extirpación completa de la pulpa y favorece la utilización de terapias pulpares vitales mínimamente invasivas.

Durante el control clínico y radiográfico realizado a los 15 meses se observó ausencia de sintomatología, respuesta positiva a los estímulos térmicos, integridad de la restauración y ausencia de signos radiográficos patológicos. Además, se evidenció la continuación del desarrollo radicular y el progresivo cierre apical. Estos hallazgos son consistentes con los objetivos biológicos de la apexogénesis descritos por Camp *et al.* (2002), Rafter (2005) y Leonardo (2005), quienes afirman que la preservación de la vitalidad pulpar permite la continuidad de la dentinogénesis radicular, el desarrollo del ápice y el fortalecimiento estructural del órgano dentario.

La continuidad del desarrollo radicular observada en este caso también puede interpretarse bajo el concepto de maturogénesis propuesto por Anthony *et al.*, (1981), quienes describen este proceso como el desarrollo fisiológico integral de la raíz mediante la deposición continua de dentina a lo largo de toda su extensión. Del mismo modo, Gill *et al.*, (2024) destacan que la conservación de la pulpa radicular en dientes inmaduros favorece tanto la maduración apical como el incremento del espesor de las paredes dentinarias, aspectos fundamentales para mejorar el pronóstico a largo plazo.

Otro hallazgo relevante fue la presencia radiográfica de una banda radiopaca compatible con formación de tejido mineralizado bajo el material de recubrimiento. Este resultado coincide con lo reportado por Nair *et al.*, (2008), Hilton *et al.*, (2013) y Simon *et al.*, (2011), quienes describen la capacidad de los materiales bioactivos para inducir la diferenciación celular y la formación de puentes dentinarios. Asimismo, Tomson *et al.*, (2007) señalan que los materiales a base de silicato cálcico favorecen la liberación de proteínas de la matriz dentinaria y factores de crecimiento involucrados en los procesos de reparación pulpar.

La elección de Bio-C Repair como material de recubrimiento se fundamentó en las propiedades biológicas atribuidas a los biocerámicos modernos. Miñana Gómez (2000) sostiene que los materiales derivados del agregado de trióxido mineral crean condiciones favorables para la reparación de los tejidos periapicales y pulpares. De manera similar, Simon *et al.* (2012) describen que los materiales bioactivos no solo proporcionan un sellado efectivo, sino que además estimulan mecanismos biológicos asociados con la cicatrización y regeneración del complejo dentino-pulpar.

Desde el punto de vista metodológico, el aislamiento absoluto, la eliminación completa del tejido cariado, el control adecuado de la hemorragia y la restauración definitiva inmediata constituyeron factores determinantes para el éxito observado. Cvek *et al.* (1978) reportaron tasas de éxito cercanas al 96 % cuando los procedimientos de pulpotomía se realizan en

condiciones que minimizan la contaminación bacteriana. Asimismo, Baraka *et al.*, (2022) identifican el diagnóstico preoperatorio, la obtención de hemostasia y la calidad del sellado coronario como variables críticas para el éxito de las terapias pulpares vitales.

Las limitaciones de este trabajo radican en que corresponde a un reporte de caso clínico, por lo que sus resultados no pueden extrapolarse directamente a toda la población. Sin embargo, la evolución clínica y radiográfica favorable observada durante el período de seguimiento coincide con la evidencia científica actual que respalda la utilización de terapias pulpares vitales en dientes permanentes jóvenes con desarrollo radicular incompleto.

En conjunto, los resultados obtenidos apoyan el concepto de que una adecuada selección del caso, un diagnóstico preciso y el empleo de materiales bioactivos permiten conservar la vitalidad pulpar y favorecer los procesos de apexogénesis y maturogénesis, evitando tratamientos más invasivos y preservando el potencial biológico del órgano dentario.

CONCLUSIÓN

El tratamiento de pulpa vital mediante ápexogénesis demostró ser una alternativa terapéutica altamente exitosa para el manejo del primer molar inferior permanente joven con desarrollo radicular incompleto. El uso del cemento biocerámico Bio-C® Repair permitió mantener la vitalidad del remanente pulpar radicular, manteniéndose el paciente completamente asintomático, sin dolor ni inflamación durante todo el periodo de estudio. Se comprobó el éxito radiográfico del tratamiento mediante la evidencia continua de la ápexogénesis, logrando el alargamiento de la raíz, el aumento del grosor de las paredes del conducto y el avance hacia el cierre biológico del ápice a los 14 meses de seguimiento. El cemento Bio-C® Repair demostró excelentes ventajas clínicas para la práctica odontológica debido a su presentación lista para usar, su alta biocompatibilidad y la ausencia de pigmentación o alteración estética en la corona del diente tratado. El éxito definitivo de este caso clínico dependió de la combinación de un diagnóstico pulpar preciso, un estricto protocolo de aislamiento absoluto con goma dique, del control adecuado de la hemostasia y las propiedades bioactivas del material sellador.

BIBLIOGRAFÍA

Abuelniel GM, Duggal MS, Duggal S, Kabel NR. Evaluation of Mineral Trioxide Aggregate and Biodentine as pulpotomy agents in immature first permanent molars with carious pulp exposure: A randomised clinical trial. *Eur J Paediatr Dent* 2021;22(1):19-25

Aguilar P, Linsuwanont P. Terapia de pulpa vital en dientes permanentes vitales con pulpa expuesta por caries: una revisión sistemática. *J Endod*. 2011; 37(5):581–7. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.12.004> PMID:

Al-Abdullah A, Edris S, Abu Hasna A, De Carvalho LS, Al-Nahlawi T. The Effect of Aloe vera and Chlorhexidine as Disinfectants on the Success of Selective Caries Removal Technique: A Randomized Controlled Trial. *Int J Dent* 2022;2022(2022):9474677.

Al-Batayneh OB, Abdelghani IM. Outcome of vital pulp therapy in deeply carious molars affected with molar incisor hypomineralisation (MIH) defects: A randomized clinical trial. *Eur Arch Paediatr Dent* 2022;23(4):587-99.

Ali AH, Koller G, Foschi F, *et al*. Eliminación de caries autolimitada versus convencional: un ensayo clínico aleatorizado. *J Dent Res* 2018;97(11):1207-13.

Ali AH, Thani FB, Foschi F, Banerjee A, Mannocci F. Eliminación subjetiva de tejido cariado mediante cirugía autolimitada versus rotatoria: un ensayo clínico controlado aleatorizado: resultados a 2 años. *J Clin Med* 2020;9(9):1-0.

Alventosa Martín JA. Manejo del diente inmaduro. *Endodoncia* 1999; 17(4): 199-215.

Anthony DR, Senia SE. El uso de hidróxido de calcio como relleno de pasta temporal. *Tex Dent J* Octubre 1981;6–10.

Asgary S, Eghbal MJ, Ghoddusi J. Resultados a dos años de la terapia de pulpa vital en molares permanentes con pulpitis irreversible: un ensayo clínico multicéntrico aleatorizado en curso. *Clin Oral Investig*. 2014; 18(2):635–41. <https://doi.org/10.1007/s00784-013-1003-6>

Ayhan M, Altunbas D. Eficacia del láser de fosfato de titanilo de potasio y del hipoclorito de sodio en la intensidad del dolor postoperatorio tras la pulpotomía en dientes con pulpitis irreversible

sintomática: un ensayo clínico aleatorizado Fotobiomodulación Photomed Laser Surg 2023;41(5):225-33.

Banomyong D, Messer H. Estudio clínico de dos años sobre complicaciones pulpaes postoperatorias derivadas de la ausencia de un recubrimiento de ionómero de vidrio en restauraciones profundas de resina compuesta oclusales. J Invest Clin Dent 2013;4(4):265-70

Baraka M, Tekeya M, Bakry NS, Fontana M. Ensayo controlado aleatorizado de doce meses de fluoruro de diamina de plata al 38% con o sin yoduro de potasio en el recubrimiento pulpar indirecto de molares permanentes jóvenes. J Am Dent Assoc 2022;153(12):1121-33.e1.

BJORNDAL L, Darvann T, Thylstrup A. A quantitative light microscopic study of the odontoblast and subodontoblastic reactions to active and arrested enamel caries without cavitation. Caries Res 1998;32:59

Bjorndal L, Simon S, Tomson PL, Duncan HF. Manejo de caries profundas y pulpa expuesta. Int Endod J. 2019; 52(7):949–73. [https:// doi.org/10.1111/iej.13128](https://doi.org/10.1111/iej.13128) PMID: 30985944

Bramante CM, Berbert A, Bernadineli N, Moraes IG, Garcia RB. Anatomia das cavidades pulpaes: aspectos de interesse à endodontia. Rio de Janeiro: Pedro Primeiro; 2000.

Brannstrom M, Lind PO. Pulpal response to early dental caries. J dent Res. 1965;44:1045

Camp JH, Barrett EJ, Pulver F. Endodoncia pediátrica: tratamiento endodóntico en la dentición temporal y permanente joven. In: Cohen S, Burns RC. editores. Vías de la pulpa. 8ª ed. Filadelfia: Elsevier Science; 2002, p. 798-846

Camp JH. Tratamiento odontopediatría-endodóntico. En: Vías de la pulpa. 4.ª ed. Cohen S, Burns RC, eds. St. Louis: Mosby, 1987:685–98.

Canova GC. Influência da membrana absorvível de cortical óssea bovina desmineralizada no processo de reparo após pulpotomia em dentes de cães: análise microscópica e radiográfica (tesis Maestría). Bauru (SP): Facultad de Odontologia de Bauru, Universidad de São Paulo; 2003

.

Cho Sy, seo DG, Lee SJ, *et al*. Prognostic factors for clinical outcomes according to time after direct Pulp capping. J endod. 2013;39:327

Coll, J. A., Dhar, V., Guelmann, M., Crystal, Y. O., Chen, C. Y., Marghalani, A. A., AlShamali, S., Xu, Z., Glickman, G., Ather, A., Sabeti, M., & Wedeward, R. (2025). Vital Pulp Therapy in Permanent Teeth: A Systematic Review and Meta-Analyses. *Pediatric dentistry*, 47(3), 137–150.

Cooper PR, Takahashi Y, Graham LW, Simon S, Imazato S, Smith AJ. Interacción inflamación-regeneración en el complejo dentinapulpa. *J Dent*. 2010;38:687.

Cox CF, Hafez AA, Akimoto N, Otsuki M, Suzuki S, Tarim B. Biocompatibilidad de sistemas de imprimación, adhesivo y resina compuesta en pulpas no expuestas y expuestas de dientes de primates no humanos. *Am J Dent* 1998;11 Spec No:S55–63]

Cvek MA. Clinical reports in partial pulpotomy and camping with calcium hydroxide in permanent incisors with complicated crown fracture. *J Endod* 1978; 4(8): 232-7.

DE Witherspoon, Terapia de la pulpa vital con nuevos materiales: nuevas direcciones y perspectivas de tratamiento: dientes permanentes, *Pediatr Dent* 30 (3) (2008) 220-224.

Drukteinis, S., & Camilleri, J. (Eds.). (2021). *Materiales biocerámicos en endodoncia clínica*. Springer International Publishing (LIBRO TIN)

Dummer PM, Hicks R, Huws D. Signos y síntomas clínicos en la enfermedad pulpar. *Int Endod J*. 1980;13:27–35.

Duncan HF, El -Karim I, Dummer PMH, Whitworth J, Nagendrababu V. Factores que influyen en el resultado de la pulpotomía en dientes permanentes. *Int Endod J*. 2023; 56 Suppl 2:62–81

Felippe WT, Felipe MCS, Rocha MJC. The effect of mineral trioxide aggregate

Ferracane JL, Cooper PR, Smith AJ. ¿Puede la interacción de los materiales con el complejo dentinopulpar contribuir a la regeneración de la dentina? *Odontología*. 2010;98:2–14

Fong Cheng D, Davis Martin J. Pulpotomía parcial para perma- inmaduro Dientes dentarios, su presente y futuro. *Pediatr Dent* 2002;24:29–32

Galani M, Tewari S, Sangwan P, Mittal S, Kumar V, Duhan J. Molares permanentes: un ensayo controlado aleatorizado. *J Endod*. 2017; 43(12):1953–62.

Gill, Ikroop; Mittal, Sunandan; Kumar, Tarun; Keshav, Vanita .Open Apex y su gestión: Artículo de revisión. Revista de Farmacia y Ciencias Bioafines 16(Supl. 1): págs. S31-S34, febrero de 2024. | DOI: 10.4103/jpbs.jpbs_615_23

Golberg M, Farges JC, Lacerda- Pinheiro S, *et al.* Inflammatory and immunological aspects of dental Pulp repair. Pharmacol Res. 2008;58:137

Goldstein, S., Sedaghat-Zandi, A., Greenberg, M. y Friedman, S. (1999) Apexificación y apexogénesis. The New York State Dental Journal, 65, 23–25.

Graham L, Cooper PR, Cassidy N, Nor JE, Sloan AJ, Smith AJ. El efecto del hidróxido de calcio en la solubilización de los componentes bioactivos de la matriz de la dentina. Biomateriales. 2006;27:2865–73.

Guang J, Li J, Guo S. Comparación de la vitalización pulpar y la terapia de conducto radicular en molares permanentes inmaduros sintomáticos. Cell Mol Biol (Noisy-le-grand). 2022; 68(2):178–82.

Heys DR, Cox CF, Heys RJ, Avery JK. Consideraciones histológicas de los agentes de recubrimiento pulpar directo. J Dent Res. 1981;60:1371–9

Hilton TJ, Ferracane JL, Mancl L. Comparación de CaOH con MTA para recubrimiento pulpar directo: un ensayo clínico aleatorizado de PBRN. J Dent Res. 2013;92:16S–22S.

Hirata A, Dimitrova-Nakov S, Djole SX, Ardila H, Baudry A, Kellermann O, *et al.* La plitotaxis, una migración celular colectiva, regula el deslizamiento de las células pulpares proliferantes ubicadas en el nicho apical. Connect Tissue Res. 2014;55(Suppl 1):68–72

HR Eppa, R. Puppala, B. Kethineni, S. Banavath, PK Kanumuri, GVS Kishore, Evaluación comparativa de tres materiales diferentes: agregado de trióxido mineral, pasta de triple antibiótico y remedio para abscesos en el desarrollo apical de dientes permanentes jóvenes vitales, Contemp. Clin. Dent. 9 (2) (2018) 158–163

Takehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. J South Calif Dent Assoc 1966; 34(9): 449-51.

Laurent P, Camps J, About I. Biodentine(TM) induce la liberación de TGF- β 1 de células pulpaes humanas y la mineralización temprana de la pulpa dental. *Int Endod J*. 2012;45:439.

Leonardo MR, Leal JM. Endodontia tratamento de canais radiculares. 3ª ed. São Paulo: Panamericana; 1998.

Lim KC, Kirk EEJ. Direct pulp capping: a review. *Endod Dent Traumatol* 1987; 3(5): 213-9.

Liu J, Jin T, Ritchie H, Smith A, Clarkson B. Diferenciación y mineralización in vitro de células de pulpa dental humana inducidas por extracto de dentina. *In Vitro Cell Dev Biol Anim*. 2005;41:232.

Lopes HP, Siqueira JF, Estrela C. Tratamento endodôntico em dentes com rixogênese incompleta. In: Lopes HP, Siqueira JF. editores. Rio de Janeiro: Medsi; 1999 , p .485-96

Maisto OA, Capurro MA. Obturación de conductos radiculares con hidróxido de calcio-yodoformo. *Rev Assoc Odont Arg* 1964; 52(5): 167-73.

Miñana Gomez M. Utilización del agregado de trióxido mineral (MTA) como barrera apical en dientes con el ápice abierto. *Endodoncia* 2000; 18(3): 131-9.

Mondragon Espinoza JD. Endodoncia. México: Interamericana; 1995.

Mousivand, S., Sheikhezami, M., Moradi, S., Koohestanian, N. y Jafarzadeh, H (2021) Evaluación del resultado de la apexogénesis en traumatizados anteriores y Tratamiento de caries en dientes posteriores con agregado de trióxido mineral: un estudio retrospectivo de 5 años Estudio. *Revista Australiana de Endodoncia*. <https://doi.org/10.1111/aej.12583>

Murray P. E. (2023). Review of guidance for the selection of regenerative endodontics, apexogenesis, apexification, pulpotomy, and other endodontic treatments for immature permanent teeth. *International endodontic journal*, 56 Suppl 2, 188–199. <https://doi.org/10.1111/iej.13809>

Nair PN, Duncan HF, Pitt Ford TR, Luder HU. Investigaciones histológicas, ultraestructurales y cuantitativas sobre la respuesta de pulpas humanas sanas al recubrimiento experimental con agregado de trióxido mineral: un ensayo controlado aleatorizado. *Int Endod J*. 2008;41:128–50.

Nolla C. The development of permanente teeth. *J Dent Child* 1960; 27(4): 254-6.

on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *Int Endod J* 2006; 39(1): 2–9.

Paulindraraj S, Venkatesan R, Suprakasam S, Christopher A Apexificación: antes y ahora: una revisión. *Int J Dent Med Res* 2015;1:193-6

Patterson, S. S. (1958). The endodontic management of the young permanent tooth. *Journal of Dentistry for Children*, 25, 215–223.

Rafter M. Apexificación: Una revisión. *Dent Traumatol* 2005;21:1-8

Ricucci D, Loghin S, Siqueira JF. Correlación entre diagnósticos pulpares clínicos e histológicos. *J Endod*. 2014;40:1932–9.

Sada A, Silva LAB. Pulpotomia. En: Leonardo MR. editores. *Endodoncia, tratamento de canais radiculares: principios técnicos e biológicos*. São Paulo: Artes Médicas; 2005, p. 48-66.

Seale NS, Coll JA. Vital Pulp therapy for the primary dentition. *Gen Dent*. 2010;58:194)

Shabahang S. Opciones de tratamiento: Apexogénesis y apexificación *J Endod* 2013;39(3 Suppl):S26-9

Simon S, Cooper P, Isaac J, Berdal A. Ingeniería de tejidos y endodoncia. En: *Cirugía preprotésica y maxilofacial: biomateriales, injertos óseos e ingeniería de tejidos*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited; 2011.

Simon S, Smith AJ. Endodoncia regenerativa. *Br Dent J*. 2014;216:E13.].

Simon SR, Smith AJ, Lumley PJ, Cooper PR, Berdal A. El proceso de curación de la pulpa: de generación a regeneración. *Endod Top*. 2012;26:41–56.

Simon SRJ, Berdal A, Cooper PR, Lumley PJ, Tomson PL, Smith AJ. Regeneración del complejo dentinopulpar: del laboratorio a la clínica. *Adv Dent Res*. 2011;23:340–5.

Sloan AJ, Shelton RM, Hann AC, Moxham BJ, Smith AJ. Un enfoque in vitro para el estudio de la dentinogénesis mediante el cultivo de órganos del complejo dentina-pulpa de dientes incisivos de rata. Arch Oral Biol. 1998;43:421–30

Smith AJ, Duncan HF, Diogenes A, Simon S, Cooper PR. Aprovechamiento de las propiedades bioactivas del complejo dentina-pulpa en endodoncia regenerativa. J Endod. 2016;42:47– 56

Stockton LW. vital Pulp capping: a worthwhile procedure. J can dent assoc. 1999;65:328

Ten cate A. R. dentin Pulp complex. In oral histology, ed 4, St Louis 1994, Mosby,

Tomson PL, Grover LM, Lumley PJ, Sloan AJ, Smith AJ, Cooper PR. Disolución de componentes bioactivos de la matriz dentinaria por agregado de trióxido mineral. J Dent. 2007;35:636–42

Walton RE, Torabinejad M. Principles and practice of endodontics. USA: Saunders; 2002.

Weisleder R, Benitez CR. Maturogenesis: is it a new concept. J Endod 2003; 29(11): 776-8.

Witherspoon DE. Terapia de pulpa vital con nuevos materiales: nuevas direcciones y perspectivas de tratamiento: dientes permanentes. J Endod. 2008;34:S25–8

Zanini M, Meyer E, Simon S. Diagnóstico de la inflamación pulpar desde los mediadores clínicos hasta los inflamatorios: una revisión sistemática. J Endod. 2017;43:1033

Zanini M, Sautier JM, Berdal A, Simon S. La biodentina induce la diferenciación de células pulpaes murinas inmortalizadas en células similares a odontoblastos y estimula la biomineralización. J Endod. 2012;38:1220–6.