



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

**MANEJO ENDODÓNTICO DE CONDUCTO EN C CON ÁPICE
ABIERTO EN UN PACIENTE CON SUBLUXACIÓN MANDIBULAR**

ALUMNA: Od. GUADALUPE ARÉVALO SÁNCHEZ.

DIRECTORA: Esp. Od. MAIRA SOL BARRERA BORIO.

MENDOZA, JULIO 2026.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mis padres, quienes hicieron, como siempre, todo posible.

En segundo lugar, a mis compañeras y amigas, no solo por darme un lugar en la ciudad y no dejar que me sienta sola nunca, sino por encontrar, de alguna manera, el momento para generar una risa entre tanto estrés que esto supo generarnos.

Por último, y para nada menos importante, a mi profesora tutora. No únicamente agradecerle por la ayuda clínica y conceptual que me brindó, lo cual aplica a todo el cuerpo docente que tuvimos, sino también, y más que nada, le doy las gracias por animarme, escucharme y guiarme cuando lo necesité.

ÍNDICE

Resumen.....	Pág. 4
Introducción.....	Pág. 5
Caso clínico.....	Pág. 16
Discusión.....	Pág. 23
Conclusión.....	Pág. 29
Bibliografía.....	Pág. 30

RESUMEN

Los conductos en C representan un desafío endodóntico debido a su complejidad anatómica. Se reporta el caso de una paciente femenina de 15 años derivada a la Especialidad en Endodoncia (UNCuyo) para finalizar el tratamiento del elemento 47, diagnosticado con pulpitis severa. Al ingreso, presentaba trismus severo por subluxación condilar unilateral derecha, impidiendo el acceso y la toma de radiografías. Tras fallar la maniobra de Nélaton, se confeccionó un desprogramador anterior (Jig de Lucia) complementado con termoterapia y crioterapia ambulatoria, resolviendo el cuadro articular en una semana.

El examen radiográfico evidenció raíces fusionadas, desarrollo radicular incompleto con ápice abierto (Estadio 9 de Nolla; Grado 4 de Cvek) y morfología compatible con Categoría I de Melton (conducto continuo en C). Para evitar la extrusión apical por la amplitud del foramen, se utilizó digluconato de clorhexidina al 2% como irrigante principal con activación ultrasónica. La longitud de trabajo se determinó electrónicamente con un localizador apical adaptado a una lima calibre 120. Ante el ápice abierto, se confeccionó un tapón apical de 3 mm con el biocerámico Bio-C Repair®. El espacio remanente se obturó mediante Bio-C Sealer® y gutapercha termoplastizada inyectable (sistema Fi-G), logrando un sellado tridimensional homogéneo de la herradura.

El objetivo de este trabajo fue reportar el manejo integral de un segundo molar inferior en una paciente joven, describiendo la resolución de la urgencia neuromuscular mediante desprogramación oclusal, el empleo de digluconato de clorhexidina como alternativa irrigante segura ante el ápice abierto, la optimización de la desinfección mediante activación ultrasónica y el sellado tridimensional con tapón apical y cemento de base biocerámico.

INTRODUCCIÓN

El éxito del tratamiento endodóntico está condicionado por la consecución de tres objetivos fundamentales y vinculados entre sí: la preparación biomecánica, la desinfección quimicomecánica y la obturación tridimensional del sistema de conductos radiculares. El cumplimiento de estos objetivos persigue, en última instancia, la eliminación de los microorganismos y sus subproductos del espacio pulpar, así como el sellado hermético del mismo para prevenir la reinfección y restablecer la salud de los tejidos periapicales. La triada instrumentación-irrigación-obturación constituye, por lo tanto, el eje conceptual sobre el cual se estructura toda la planificación del tratamiento endodóntico contemporáneo.

Sin embargo, el logro de estos propósitos se ve complejizado por la amplia variabilidad anatómica inherente a la morfología dental humana, que con frecuencia supera los esquemas establecidos por los sistemas de clasificación convencionales. El sistema de conductos radiculares raramente se presenta como una estructura simple y cilíndrica; por el contrario, exhibe una notable complejidad tridimensional que incluye conductos laterales, istmos, anastomosis, ramificaciones apicales y deltas, todos los cuales representan nichos potenciales para la persistencia bacteriana y el fracaso del tratamiento. Esta realidad anatómica ha impulsado de forma sostenida el desarrollo de nuevas tecnologías diagnósticas, como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y la microtomografía computarizada (micro-CT), y de nuevas técnicas e instrumentos orientados a mejorar la capacidad de limpieza y conformación de morfologías complejas.

Entre las variaciones anatómicas de mayor relevancia clínica se encuentra la configuración en forma de “C”, la cual representa uno de los mayores desafíos biomecánicos para el endodoncista. Esta morfología, caracterizada por la presencia de istmos, redes de microespacios, aletas y zonas de peligro con espesor dentinario crítico, dificulta tanto la limpieza y conformación como el sellado tridimensional del sistema de conductos. Lejos de constituir una entidad homogénea, el conducto en C presenta una morfología variable a lo largo del eje radicular, lo que impide trasladar directamente las estrategias de tratamiento diseñadas para conductos de geometría convencional (Melton *et al.*, 1991; Fan *et al.*, 2004). Adicionalmente, los segundos molares mandibulares, diente en el que esta variación se presenta con mayor prevalencia, son a su vez de los elementos dentarios más susceptibles a caries dental, ya sea por su ubicación en la arcada, por la presencia de fosas y fisuras

oclusales profundas, así como por la influencia de terceros molares parcialmente erupcionados, lo que eleva considerablemente la demanda de tratamiento endodóntico en este grupo dentario.

El sistema de conductos en forma de C fue documentado por primera vez en la literatura científica en 1979 por Cooke y Cox, quienes describieron esta variante anatómica en segundos molares mandibulares. Su etiología se atribuye a la falta de fusión de la vaina epitelial de Hertwig en la superficie vestibular o lingual durante el desarrollo radicular, lo que resulta en raíces fusionadas y surcos de desarrollo en su superficie externa. En la vista axial, el conducto adopta una morfología continua en forma de cinta que, con frecuencia, se desplaza de manera excéntrica hacia la cara lingual de la dentina radicular, generando las características aletas e istmos que definen esta configuración y que representan zonas anatómicamente inaccesibles para la instrumentación mecánica convencional.

Su prevalencia es significativamente mayor en los segundos molares mandibulares en comparación con cualquier otro grupo dentario, con una prevalencia global estimada del 17,3% para este diente, siendo notablemente más frecuente en la población asiática y en el sexo femenino (Martins *et al.*, 2019; Yousefi *et al.*, 2025). Desde el punto de vista clínico, estos datos epidemiológicos obligan al profesional a considerar de forma rutinaria esta posibilidad anatómica al planificar el tratamiento endodóntico de molares inferiores, especialmente ante la detección de raíces fusionadas en el examen radiográfico preoperatorio. Asimismo, la literatura recomienda considerar la posibilidad de un conducto en C en el lado contralateral si se detecta esta configuración durante el tratamiento, dado que su presentación bilateral es frecuente (Yousefi *et al.*, 2025).

Históricamente, el estudio de esta morfología se realizó mediante cortes transversales histológicos; no obstante, en la actualidad se analiza con mayor precisión mediante microtomografía computarizada (micro-CT), que permite una caracterización tridimensional exhaustiva sin destrucción de la muestra. Según Melton *et al.* (1991), las configuraciones en forma de C se dividen en tres categorías principales: la Categoría I corresponde a un conducto único y continuo en forma de herradura sin subdivisiones evidentes desde el piso cameral hasta el ápice; la Categoría II presenta una configuración en punto y coma, donde un septo de dentina separa el conducto principal de otro conducto mesial independiente; y la Categoría III agrupa diversas configuraciones con dos o más conductos diferenciados, que a su vez se subdivide en tres subtipos según el nivel de la bifurcación a lo largo del eje radicular (**Fig. 1**). Si bien esta clasificación constituyó un aporte fundamental, omitía la transición

anat3mica continua del sistema de conductos y fue propuesta en una 3poca en que la tecnolog3a micro-CT no estaba disponible para precisar las variaciones tridimensionales.



Fig. 1- Representaci3n esquemática de la clasificaci3n de Melton de los orificios del conducto en forma de C. Tomado de Gutmann, J. L. (2019). C-shaped root canal system. En M. A. Versiani, B. Basrani, & M. D. Sousa-Neto (Eds.), *The root canal anatomy in permanent dentition* (pp. 255–274). Springer.

Posteriormente, Fan *et al.* (2004) perfeccionaron esta clasificaci3n mediante el análisis exhaustivo de cortes transversales con micro-CT, estableciendo cinco categor3as que reflejan con mayor precisi3n la variabilidad morfol3gica a lo largo de todo el eje radicular: C1 (conducto continuo en forma de C sin interrupciones), C2 (morfol3gia en punto y coma con ángulos $\geq 60^\circ$), C3 (dos o tres conductos independientes con ángulos menores a 60°), C4 (un solo conducto de secci3n circular u ovalada) y C5 (sin luz del conducto visible, observable generalmente cerca del ápice) (**Fig. 2-Fig. 3**). Una contribuci3n fundamental de estos autores fue seńalar que la configuraci3n del orificio de entrada no constituye un predictor cl3nico confiable de la anatom3a interna real, ya que la morfol3gia var3a notablemente a lo largo del eje radicular. Asimismo, determinaron que un conducto de secci3n redonda u ovalada en el tercio apical debe considerarse una variante de la configuraci3n en C si las porciones coronales exhiben dicha configuraci3n.

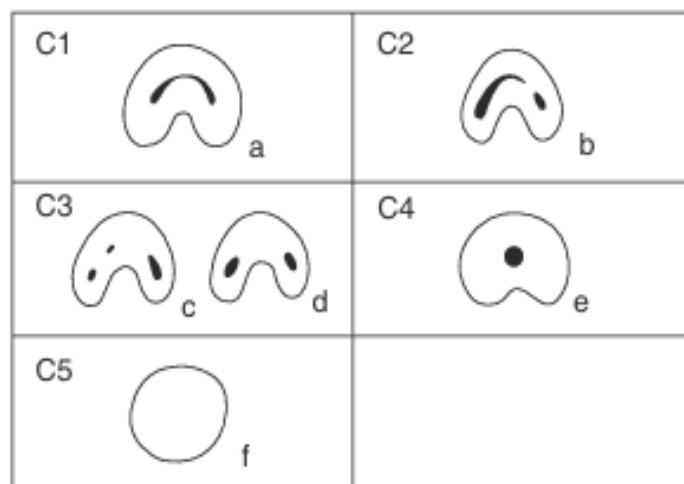


Fig. 2- Clasificación de canales en forma de C según el Dr. Bing Fan (Reproducido con permiso de Fan *et al.*). Tomado de Gutmann, J. L. (2019). C-shaped root canal system. En M. A. Versiani, B. Basrani, & M. D. Sousa-Neto (Eds.), *The root canal anatomy in permanent dentition* (pp. 255–274). Springer.

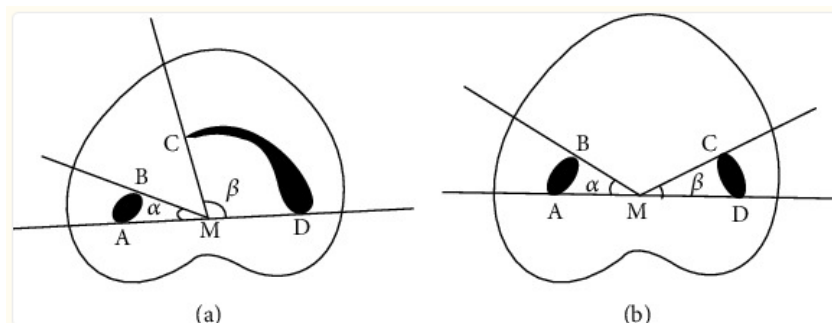


Fig. 3- Medición de ángulos para los canales C2 y C3 según Fan et al. Tomado de Abdalrahman, K., Talabani, R., Kazzaz, S., & Babarasul, D. (2022). Assessment of C-Shaped Canal Morphology in Mandibular and Maxillary Second Molars in an Iraqi Subpopulation Using Cone-Beam Computed Tomography. *Scanning*, 2022, 4886993. **(a)** Medición de ángulos para el canal C2. El ángulo β es mayor de 60° . (A y B) Extremos de una sección transversal del canal; (C y D) extremos de la otra sección transversal del canal; M: punto medio de la línea AD; α : ángulo entre la línea AM y la línea BM; β : ángulo entre la línea CM y la línea DM. **(b)** Medición de ángulos para el canal C3. Ambos ángulos α y β son menores de 60° . (A y B) Extremos de una sección transversal del canal; (C y D) extremos de la otra sección transversal del canal; M: punto medio de la línea AD; α : ángulo entre la línea AM y la línea BM; β : ángulo entre la línea CM y la línea DM.

Amoroso-Silva *et al.* profundizaron en el análisis morfométrico de las configuraciones C1 a C4, determinando que la categoría C1, junto con la porción distal de la configuración C2, exhiben los valores de área más altos, menores índices de redondez y diámetros apicales mayores. El análisis de prevalencia por secciones transversales demostró un claro predominio de las variantes C3 y C4 a un milímetro del ápice radicular, mientras que las configuraciones C1 y C2 prevalecen en el tercio cervical. Este hallazgo tiene implicaciones clínicas directas: la porción apical del conducto tiende a dividirse en conductos independientes de menor diámetro, lo que dificulta la instrumentación y la obturación en la región de mayor complejidad anatómica.

Con el propósito de evaluar la morfología tridimensional del conducto en C, Gao *et al.* utilizaron micro-CT y reconstrucción 3D para clasificar los conductos en tres tipos: Tipo I (fusión), donde los conductos se unen en un conducto principal antes de salir por el foramen apical; Tipo II (simétrico), donde los conductos mesial y distal separados se ubican simétricamente respecto al eje longitudinal de la raíz; y Tipo III (asimétrico), donde el conducto distal presenta un gran istmo a través del área de furca, generando una disposición asimétrica con respecto al conducto mesial (**Fig. 4**).

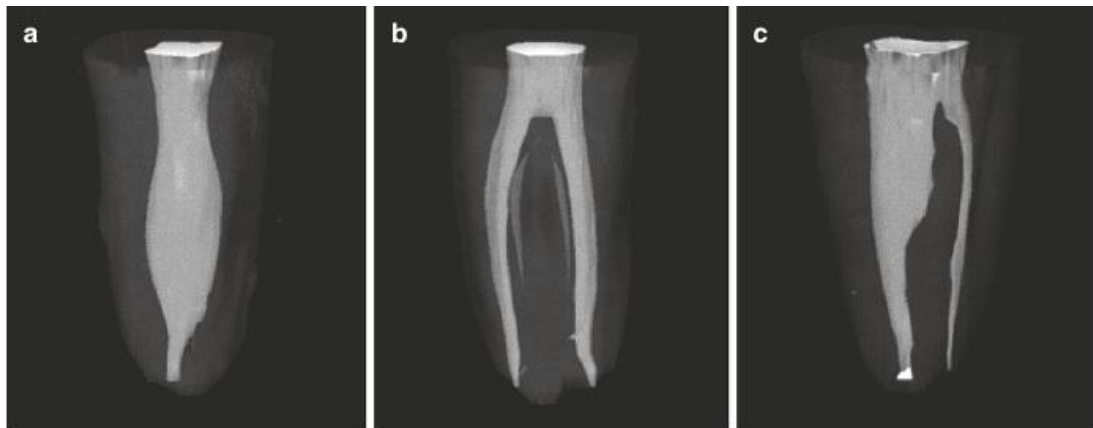


Fig. 4- Clasificación tridimensional de la configuración del conducto en forma de: (a) tipo fusionado; (b) tipo simétrico; (c) tipo asimétrico (Reproducido con el permiso de Gao *et al.*). Tomado de Gutmann, J. L. (2019). C-shaped root canal system. En M. A. Versiani, B. Basrani, & M. D. Sousa-Neto (Eds.), *The root canal anatomy in permanent dentition* (pp. 255–274). Springer.

En lo que respecta al acceso cameral, Min *et al.* describieron detalladamente la morfología del piso de la cámara pulpar, evaluando secciones transversales a 3 mm por encima de los orificios de entrada. Establecieron cuatro tipos: Tipo I, con un piso en forma de península y un orificio continuo en forma de C; Tipo II, con una conexión de dentina en forma de tira entre el piso y la pared vestibular que separa la ranura en dos orificios; Tipo III, con una conexión mesial que separa la ranura en un pequeño orificio mesiolingual y un gran orificio distovestibular; y Tipo IV, sin configuración en C, con orificios independientes convencionales (**Fig. 5**). Esta clasificación resulta especialmente útil para la planificación del diseño de la cavidad de acceso, ya que orienta al clínico respecto a la disposición esperada de los orificios en el piso cameral (**Fig. 6**).

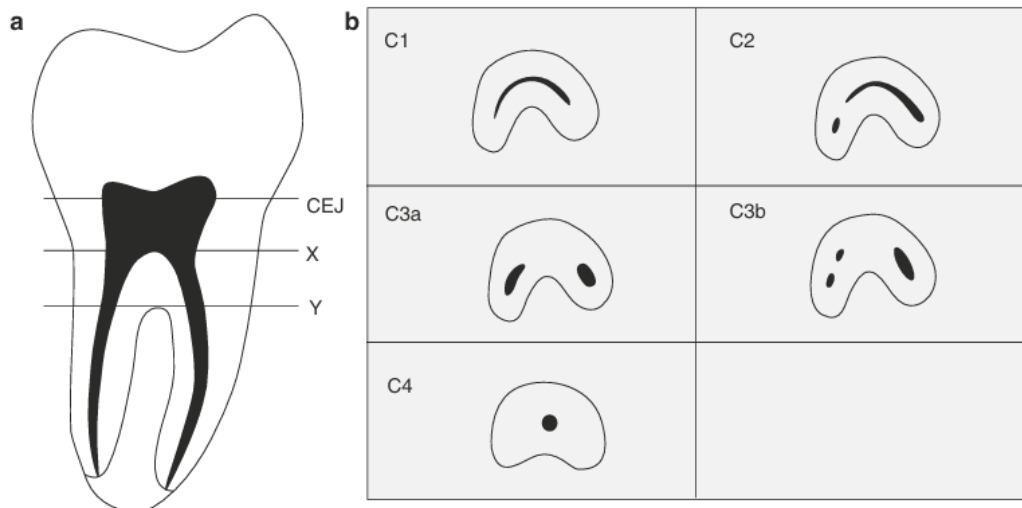


Fig. 5- (a) Localización de las mediciones realizadas en un segundo molar mandibular con sistema de canales en forma de C. (b) Clasificación de la configuración de canales según Min *et al.* 2006 (Reproducido con el permiso de Min *et al.*). Tomado de Gutmann, J. L. (2019). C-shaped root canal system. En M. A. Versiani, B. Basrani, & M. D. Sousa-Neto (Eds.), *The root canal anatomy in permanent dentition* (pp. 255–274). Springer.

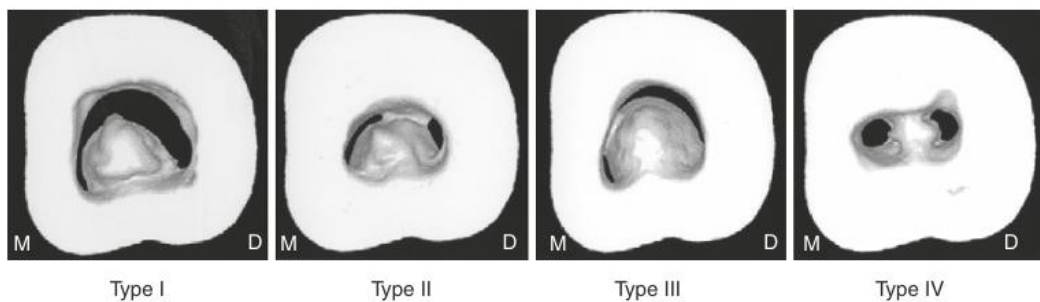


Fig. 6- Tipos de pisos pulpaes: M, cara mesial; D cara distal (Reproducido con el permiso de Min et. Al). Tomado de Gutmann, J. L. (2019). C-shaped root canal system. En M. A. Versiani, B. Basrani, & M. D. Sousa-Neto (Eds.), *The root canal anatomy in permanent dentition* (pp. 255–274). Springer.

Aun así, las revisiones sistemáticas sobre diseño de cavidad endodóntica en molares señalan que, con el avance tecnológico en técnicas endodónticas, los procedimientos diagnósticos 3D, la incorporación del microscopio operatorio dental y las lupas de magnificación e iluminación, el diseño de la cavidad actualmente se deberá determinar principalmente por la morfología única de la cámara pulpar del diente a tratar, en lugar de seguir criterios estandarizados por tipo de diente.

Las directrices de Krasner y Rankow (2004), basadas en 500 dientes humanos extraídos, sugirieron principios como el “cambio de color” y la “ubicación del orificio” para localizar las cámaras pulpaes y los orificios de los conductos radiculares, particularmente útiles para identificar conductos radiculares en forma de C en molares mandibulares. La unión cemento-esmalte (UCE) sirve como un punto de referencia fiable para el acceso. El conocimiento de la anatomía de la cámara pulpar ayuda a prevenir perforaciones.

La complejidad clínica de los conductos en forma de C se incrementa exponencialmente cuando esta morfología se presenta en pacientes jóvenes con desarrollo radicular incompleto. En estos casos, el órgano dental exhibe un ápice abierto que carece de la constricción apical fisiológica, estructura que en condiciones normales actúa como límite natural de la instrumentación y como barrera de contención para los materiales de irrigación y obturación. La ausencia de esta estructura convierte al conducto en un espacio abierto hacia los tejidos periapicales, con consecuencias directas sobre cada etapa del tratamiento endodóntico.

Para la evaluación sistemática del grado de maduración radicular, la literatura dispone de escalas clínicas validadas. Siguiendo el estadio evolutivo de Nolla (1960), el Estadio 9 corresponde a una raíz casi completa con apertura apical persistente, equivalente a lo

conforme para el Grado 4 según los criterios de Cvek (1992). La clasificación de Cvek resulta especialmente útil desde el punto de vista pronóstico y terapéutico, dado que el grado de desarrollo radicular determina tanto la selección de la técnica de tratamiento como las expectativas de éxito a largo plazo.

En ambos estadios, la ausencia de constricción apical genera una serie de complicaciones técnicas interrelacionadas: anula las técnicas convencionales de instrumentación, dificulta la correcta determinación odontométrica con instrumental de calibre estándar, imposibilita la obturación mediante técnicas convencionales de compactación lateral o vertical, y eleva exponencialmente el riesgo de extrusión de agentes irrigantes hacia los tejidos periapicales (Zehnder, 2006). Este último aspecto adquiere especial relevancia cuando se utiliza hipoclorito de sodio como irrigante principal, dado su reconocida citotoxicidad sobre los tejidos vitales periapicales, cuya exposición puede provocar reacciones inflamatorias severas, necrosis tisular y complicaciones postoperatorias significativas. En este contexto, el digluconato de clorhexidina al 2% representa una alternativa irrigante de menor citotoxicidad, con amplio espectro antimicrobiano y efecto residual sobre las paredes dentinarias, especialmente valorado en casos con ápice abierto (Zehnder, 2006).

Respecto a la determinación de la longitud de trabajo en dientes con desarrollo incompleto, los localizadores apicales electrónicos de cuarta generación han demostrado ser herramientas confiables cuando se utilizan con instrumental de calibre adecuado que permita el contacto con las paredes del conducto. Connert *et al.* (2019), en una revisión sistemática sobre la precisión de los localizadores apicales en dientes con desarrollo radicular incompleto, concluyeron que estos dispositivos ofrecen una precisión clínicamente aceptable en este escenario, siempre que se utilice una lima de diámetro suficiente para establecer contacto eléctrico con las paredes del conducto, condición que debe ser tomada en cuenta durante la planificación del caso.

Ante la situación de ápice abierto con necrosis pulpar, las modalidades terapéuticas disponibles son principalmente dos: la apexificación mediante la confección de un tapón apical con materiales biocerámicos, y la terapia endodóntica regenerativa (TER). La apexificación con materiales tipo MTA o biocerámicos de última generación permite crear de forma inmediata una barrera artificial biocompatible en el tercio apical, posibilitando la obturación del remanente del conducto en la misma sesión o en pocas sesiones clínicas (Torabinejad; Chivian, 1999). La TER, por su parte, busca promover el desarrollo radicular continuo mediante la estimulación de células mesenquimales indiferenciadas a través de un

andamiaje biológico, generalmente un coágulo sanguíneo, plasma rico en factores de crecimiento o colágeno, siendo especialmente indicada cuando el desarrollo radicular es marcadamente insuficiente y se desea preservar el potencial de maduración del diente (Banchs; Trope, 2004).

La evidencia disponible señala que ambas técnicas presentan tasas de éxito clínico comparables, sin diferencias estadísticamente significativas en cuanto a supervivencia del diente ni resolución de la patología periapical (Sabeti *et al.*, 2024). Sin embargo, la TER ofrece ventajas reveladoras en términos de ganancia en longitud y grosor radicular, siendo superior en la promoción del desarrollo radicular continuo (Pendse *et al.*, 2025; Mahmoud *et al.*, 2024). La selección entre ambas modalidades depende, por lo tanto, del grado de desarrollo radicular, la edad del paciente, la capacidad de cooperación, la presencia o ausencia de vitalidad del tejido en el tercio apical y las preferencias clínicas del operador.

La confluencia de una morfología en C con sus istmos, aletas, paredes de dentina delgada y un ápice abierto genera un escenario de alta complejidad técnica que exige estrategias específicas: el uso de localizadores apicales electrónicos con instrumental de calibre apropiado (Connert *et al.*, 2019), la sustitución o reducción del hipoclorito de sodio como irrigante principal, la activación ultrasónica de los irrigantes para asegurar su penetración en las zonas anatómicamente inaccesibles, istmos y aletas, que los instrumentos mecánicos no pueden alcanzar (Gu *et al.*, 2009), y la selección de materiales de obturación con alta biocompatibilidad y capacidad de sellado en ausencia de constricción apical.

El diagnóstico y el tratamiento endodóntico no se desarrollan en un vacío clínico aislado; por el contrario, se inscriben dentro de la dinámica funcional integral del sistema estomatognático. Las estructuras que componen este sistema, entiéndase dientes, periodonto, músculos masticatorios, articulaciones temporomandibulares y el sistema neuromuscular que las regula, interactúan de forma continua, de modo que la alteración de cualquiera de ellas puede repercutir directamente sobre las posibilidades de acceso y ejecución del tratamiento dental. La aparición de trastornos temporomandibulares (TTM) agudos representa, en este sentido, una barrera clínica crítica que puede imposibilitar desde el acceso operatorio al campo de trabajo hasta la toma de registros radiográficos, procedimiento fundamental para este tipo de tratamiento.

Los trastornos temporomandibulares constituyen un grupo heterogéneo de condiciones que afectan los músculos masticatorios, las articulaciones temporomandibulares y las estructuras asociadas. Entre las alteraciones articulares agudas, la subluxación condilar unilateral se

caracteriza por el desplazamiento anterior del cóndilo mandibular más allá de la eminencia articular del hueso temporal, sin capacidad de retorno espontáneo a la fosa glenoidea. Esta condición se acompaña habitualmente de trismus, limitación severa de la apertura bucal por contractura muscular protectora, inflamación articular, dolor localizado en la región preauricular y desviación mandibular hacia el lado afectado (Okeson, 2019). Desde el punto de vista fisiopatológico, el trismus muscular constituye una respuesta de protección del sistema neuromuscular ante el dolor articular: los músculos elevadores, como el masetero, temporal y pterigoideo medial, se contraen de forma refleja para inmovilizar la articulación y limitar el movimiento que perpetúa el daño, generando un círculo vicioso de dolor-espasmo-dolor que dificulta la reducción espontánea de la subluxación.

Ante la ineficacia de las maniobras de reducción manual convencionales, como la maniobra de Nélaton, que requiere una apertura bucal que el trismo imposibilita, la estabilización articular exige un abordaje interdisciplinario que combine terapia física con desprogramación neuromuscular mediante dispositivos oclusales específicos. La termoterapia y la crioterapia alternada contribuyen a reducir la inflamación local y a relajar la musculatura hipertónica, preparando las condiciones para la aplicación del dispositivo desprogramador.

El Jig de Lucia es un desprogramador anterior de acrílico autopolimerizable, descrito originalmente por Lucia (1964) para el registro de la relación céntrica en prótesis dental. Su mecanismo de acción en el contexto de los TTM se basa en la interrupción de la memoria propioceptiva de los mecanorreceptores periodontales y oclusales del sector posterior. Al establecer contacto exclusivo entre los incisivos centrales superiores e inferiores, este dispositivo anula los contactos en las zonas molar y premolar, eliminando así los estímulos propioceptivos que mantienen la contracción de los músculos elevadores. La desaparición de estos contactos promueve la relajación progresiva del masetero y del pterigoideo medial, y guía de forma pasiva al cóndilo mandibular hacia una posición concéntrica y fisiológica en la fosa glenoidea, restituyendo gradualmente la apertura bucal necesaria para la continuidad del tratamiento endodóntico (Lucia, 1964; Okeson, 2019). Este dispositivo representa, por lo tanto, una herramienta de bajo costo, fácil confección y alta eficacia en el manejo inicial de las subluxaciones condilares con trismo secundario.

La convergencia de una morfología de conducto en forma de C, un desarrollo radicular incompleto con ápice abierto y una subluxación condilar aguda define, en consecuencia, un

escenario clínico de alta complejidad que demanda un enfoque interdisciplinario y la aplicación de terapéuticas a medida que el caso clínico vaya evolucionando.

El objetivo de este trabajo es reportar el manejo integral de un segundo molar inferior en una paciente joven, describiendo la resolución de la urgencia neuromuscular mediante desprogramación oclusal, el empleo de digluconato de clorhexidina como alternativa irrigante segura ante el ápice abierto, la optimización de la desinfección mediante activación ultrasónica y el sellado tridimensional con tapón apical y cemento de base biocerámico.

CASO CLÍNICO

Una paciente femenina de 15 años de edad concurre a la clínica de la Especialidad en Endodoncia para la realización del tratamiento endodóntico en el elemento 47.

La paciente había sido atendida previamente en el curso de posgrado que se dicta en la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo), donde ingresó por un cuadro de dolor. En dicha instancia se inició la preparación biomecánica de los conductos; sin embargo, debido a la complejidad anatómica del sistema radicular, se decidió su derivación a la especialidad para la finalización del tratamiento.

El diagnóstico inicial, registrado en la historia clínica, fue de pulpitis severa. Al comenzar la evaluación clínica en el servicio de la especialidad, se observó que la paciente presentaba trismus, lo que limitaba severamente la apertura bucal. Este cuadro impidió la continuidad del tratamiento endodóntico e incluso la toma de radiografías intraorales. Ante esta situación, se solicitó la interconsulta con el área de Oclusión y Prótesis, contando con el asesoramiento del Od. Esp. Eduardo Boero.

Se procedió a realizar la palpación mandibular y se evaluaron los movimientos de apertura, cierre y lateralidad. Tras el examen clínico, se determinó que la paciente presentaba una subluxación unilateral del cóndilo mandibular derecho. Esta entidad se caracteriza por el desplazamiento anterior e inferior del cóndilo fuera de la fosa mandibular (cavidad glenoidea), el cual supera la eminencia articular del hueso temporal.

El cuadro clínico se acompañaba de inflamación, sensibilidad a la palpación articular, contractura muscular y limitación de la apertura bucal con desviación hacia el lado contralateral a la articulación afectada (**Fig. 7**); cabe destacar que el cierre mandibular no requería de asistencia manual. Se intentó la reposición condilar mediante la maniobra de Nélaton (**Fig. 8**), aplicando presión firme con los pulgares hacia abajo y hacia atrás sobre la zona molar inferior para guiar al cóndilo a su posición anatómica.



Fig. 7- Apertura bucal con limitación.

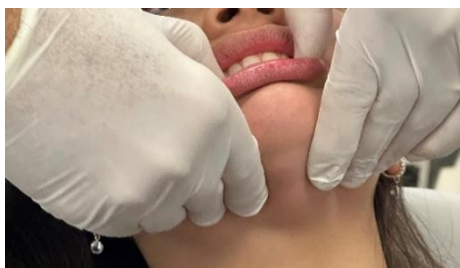


Fig. 8- Maniobra de Nèlaton.

Al no obtener una respuesta favorable con la maniobra, se decidió la confección en clínica de un desprogramador anterior tipo Jig de Lucia utilizandoacrílico autopolimerizable de color dentario. El objetivo de este dispositivo oclusal fue desprogramar la musculatura masticatoria, relajar la articulación temporomandibular y restablecer la posición concéntrica del cóndilo. El Jig cubría la superficie palatina y el tercio incisal de la cara vestibular de los incisivos centrales superiores. Durante su instalación y ajuste, se indicó a la paciente realizar movimientos de protrusión para verificar el contacto exclusivo a nivel anterior y asegurar la desoclusión inmediata del sector posterior en todo el trayecto dinámico (**Fig. 9**).



Fig. 9- Instalación del dispositivo Jig de Lucia.

Junto con las indicaciones de uso del dispositivo, se prescribió una terapia física complementaria basada en termoterapia local intercalada. En una primera fase, se indicó la aplicación de compresas húmedo-calientes con el fin de estimular la vasodilatación local, incrementar el flujo sanguíneo y optimizar la oxigenación tisular para disminuir la rigidez muscular. Posteriormente, se pautó la aplicación de crioterapia local para inducir vasoconstricción y reducir el proceso inflamatorio periférico. La paciente repitió este protocolo de forma ambulatoria hasta su control clínico, el cual se efectuó una semana después en las clínicas de grado de la misma institución académica, confirmándose una evolución favorable.

Al mes siguiente, la paciente fue citada nuevamente a la clínica de la Especialidad en Endodoncia para continuar con el tratamiento. En dicha consulta, la paciente se encontraba asintomática y había recuperado por completo la apertura bucal. Se procedió a la toma radiográfica intraoral (**Fig. 10**), en la cual se observó una pieza dentaria con raíces fusionadas, desarrollo radicular incompleto con ápice abierto y un sistema de conductos compatible con una configuración en forma de C.



Fig. 10- Radiografía preoperatoria.

Clínicamente, el elemento 47 presentaba un único orificio de entrada de sección arriñonada, el cual continuaba en un conducto radicular continuo y permeable, sin presencia de istmos que subdividieran su luz hasta el foramen apical. De acuerdo con la clasificación de Melton *et al.* (1991), esta morfología se correspondió con la Categoría I (conducto continuo en forma de C). Con respecto al grado de maduración radicular, según la cronología de Nolla (1960), el molar se ubicaba en el Estadio 9 (raíz casi completa con ápice abierto), mientras que bajo los criterios de Cvek (1992), correspondía al Grado 4 (longitud radicular casi completa con ápice abierto).

El acceso cameral previo no requirió modificaciones estructurales. Sin embargo, debido a que la destrucción del remanente coronario comprometía la correcta adaptación del

aislamiento absoluto, se realizó la reconstrucción de la pared mesiovestibular utilizando cemento de óxido de zinc y eugenol modificado (IRM®, Dentsply, Brasil).

Ante el elevado riesgo de extrusión apical de los irrigantes debido al diámetro del foramen, se optó por sustituir el hipoclorito de sodio por digluconato de clorhexidina al 2% (Tedequim®, Argentina) como solución principal. Se efectuó una irrigación profusa y aspiración constante para remover los restos tisulares y la medicación intraconducto colocada en la sesión anterior.

Una vez lograda la eliminación de estos elementos, se procedió a determinar la longitud de trabajo de manera electrónica. En la atención de posgrado previa no había sido posible establecerla mediante odontometría electrónica debido a la falta de instrumental del calibre adecuado que garantizara una medición confiable, habiéndose estimado radiográficamente en 19 mm. En esta sesión, se empleó un localizador apical electrónico adaptado a una lima tipo K de la tercera serie, calibre 120 (Maillefer®, Suiza) (**Fig. 11**), la cual lograba un ajuste clínico preciso a nivel apical, confirmando de manera fehaciente una longitud de trabajo de 19 mm.



Fig. 11- Limas tipo K de la tercera serie (Maillefer®. Suiza).

Establecido este parámetro, se completó la conformación mecánica del conducto y se aplicó el protocolo de irrigación final. Se activó la solución de clorhexidina al 2% con el dispositivo ultrasónico Endo3 y un inserto E96 (Woodpecker®, Japón) mediante tres ciclos de 20 segundos cada uno (**Fig. 12**). Posteriormente, se realizó un lavado intermedio con solución fisiológica para evitar interacciones químicas, seguido de la aplicación de EDTA al 17% (Tedequim®, Argentina), el cual fue activado bajo el mismo protocolo ultrasónico para la remoción del barro dentinario; y se finalizó con un último lavaje empleando solución fisiológica nuevamente.



Fig. 12- Protocolo de activación de irrigantes.

Debido al desarrollo radicular incompleto y la presencia de un ápice abierto, se decidió la confección de un tapón apical biocerámico empleando Bio-C Repair® (Angelus, Brasil). Este material fue seleccionado por su capacidad de inducir la reparación tisular, sus óptimas propiedades mecánicas, su excelente capacidad de sellado y su consistencia tipo *putty* que facilita la manipulación clínica; asimismo, su naturaleza hidrófila le permite absorber la humedad del medio para iniciar el proceso de fraguado. Se dosificó un segmento de 3 mm de material, el cual fue transportado y adaptado a la longitud de trabajo mediante un condensador vertical (Fig. 13). Tras la adaptación del tapón (Fig. 14), se realizó una toma radiográfica de control para verificar su correcta extensión y homogeneidad (Fig. 15).

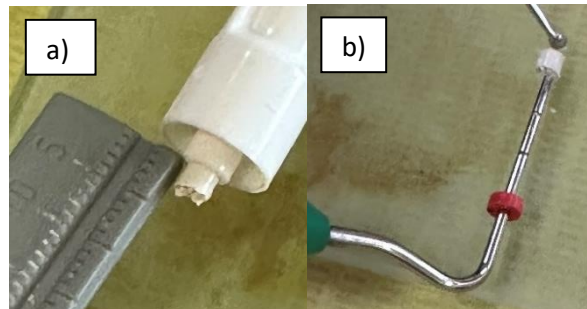


Fig. 13- (a) 3mm de Bio C Repair® (Angelus. Brasil);
(b) condensador vertical para obturación fría y caliente.



Fig. 14- Se observa clínicamente el tapón de Bio C Repair colocado a nivel apical.



Fig. 15- Radiografía para evaluar tapón de Bio C Repair.

Una vez confirmada la adecuada posición del tapón biocerámico, se procedió a la obturación tridimensional del espacio remanente del conducto. Se aplicó previamente un cemento endodóntico biocerámico (Bio-C Sealer®, Angelus, Brasil) y, considerando la morfología en C, se optó por una técnica de gutapercha termoplastizada mediante el sistema Fi-G (Woodpecker®, Japón) (**Fig. 16**), complementada con compactación vertical (**Fig. 17**). Este procedimiento garantizó un sellado completo, denso y homogéneo del sistema de conductos radiculares. Finalmente, se tomó una radiografía post-operatoria (**Fig. 18**) y se colocó un material de restauración temporario en la cavidad coronal, programando a la paciente para su posterior derivación al servicio de rehabilitación post-endodóntica.



Fig. 16- Técnica de gutapercha termoplastizada, utilizando el dispositivo Fi-G (Woodpecker®. Japón).



Fig. 17- Procedimiento de compactación vertical.

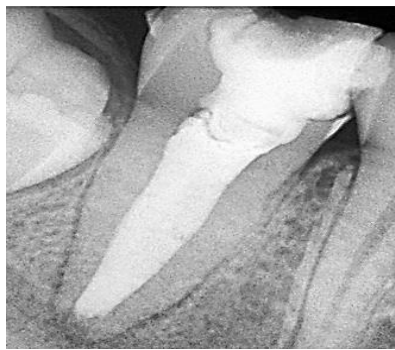


Fig. 18- Radiografía final.

DISCUSIÓN

El manejo inicial del trismo y la subluxación condilar mediante el desprogramador anterior Jig de Lucia demostró ser una alternativa conservadora y eficaz frente a los intentos repetidos de manipulación física forzada. Mientras que autores como Okeson (2019) advierten que la persistencia en maniobras manuales agresivas en presencia de contractura muscular protectora puede exacerbar el espasmo neuromuscular y cronificar el dolor articular, la desoclusión posterior inmediata inducida por el Jig interrumpe el ciclo de retroalimentación propioceptiva. Esta descarga oclusal, complementada con el protocolo de termoterapia y crioterapia intercalada, optimiza el flujo sanguíneo local y reduce la inflamación periférica de la articulación temporomandibular, coincidiendo con lo reportado por Greene y Laskin (2020) sobre la alta tasa de éxito de las terapias físicas y los aparatos interoclusales anteriores en la resolución de urgencias articulares agudas.

En el caso presentado, la maniobra de Nélaton no logró la reposición condilar inmediata, por lo que continuar insistiendo con la manipulación manual hubiera implicado un riesgo innecesario de perpetuar el espasmo muscular protector. La confección inmediata del Jig de Lucia en la clínica permitió, en cambio, iniciar sin demora un proceso de desprogramación neuromuscular progresivo, evitando el uso de fármacos miorrelajantes sistémicos cuya indicación en una paciente de 15 años requeriría una valoración adicional. Cabe destacar que esta resolución interdisciplinaria fue, en definitiva, lo que permitió retomar el tratamiento endodóntico propiamente dicho, ya que, sin la recuperación de la apertura bucal, ni siquiera hubiera sido posible la toma de la radiografía periapical, mediante la cual se evidenció la configuración en C, el desarrollo radicular incompleto y el ápice abierto, factores que condicionaron cada decisión clínica posterior.

Frente a las condiciones biológicas del elemento 47 (Estadio 9 de Nolla, Grado 4 de Cvek) y la situación que esto representaba, se tomó la decisión clínica de sustituir el hipoclorito de sodio por digluconato de clorhexidina al 2% como solución irrigante principal. Si bien el hipoclorito de sodio es considerado el *gold standard* debido a su capacidad de disolución tisular, su alta citotoxicidad incrementa exponencialmente el riesgo de un accidente por extrusión periapical en dientes con desarrollo radicular incompleto y ausencia de constricción apical (Haapasalo *et al.*, 2014). En contraposición, la clorhexidina al 2% ofrece una alternativa segura debido a su baja toxicidad tisular y su propiedad de sustantividad, manteniendo una eficacia antimicrobiana comparable en el control de la infección

intraconducto, criterio respaldado por las directrices de la Asociación Americana de Endodoncistas (AAE, 2021) para el manejo de ápices abiertos.

Esta decisión se vincula directamente con lo expuesto previamente respecto a la activación de irrigantes en conductos en forma de C. Como se mencionó, frente a la complejidad anatómica de esta configuración y sus amplios reservorios bacterianos, la activación de la solución irrigante resulta fundamental para lograr su penetración en zonas anatómicamente inaccesibles para la instrumentación mecánica. En el caso clínico, esta necesidad se sumó a la limitación impuesta por el ápice abierto: no solo era preciso activar el irrigante para alcanzar el total de la superficie del conducto, sino hacerlo con una sustancia cuya extrusión accidental hacia el periápice, favorecida por la amplitud del foramen, no comprometiera la vitalidad de los tejidos circundantes. Activar la clorhexidina al 2% mediante el dispositivo ultrasónico Endo3 con inserto E96 (Woodpecker®, Japón) permitió conciliar ambos requerimientos.

Asimismo, el protocolo de irrigación final aplicado en el elemento 47 destaca por la inclusión de un lavado intermedio con solución fisiológica entre la aplicación de la clorhexidina al 2% y el EDTA al 17%. Esta maniobra clínica resulta indispensable para prevenir interacciones químicas directas entre ambos agentes. De acuerdo con las investigaciones de Rasimick *et al.* (2008), la combinación directa de clorhexidina y EDTA produce de forma inmediata un precipitado opaco de color blanco. Mediante análisis de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), los autores demostraron que dicho precipitado no involucra una degradación química de la clorhexidina ni la liberación de subproductos carcinogénicos como la para-cloroanilina; por el contrario, consiste en una reacción de neutralización electrostática de tipo ácido-base que da origen a una sal insoluble compuesta en más de un 90% por la unión de ambos irrigantes. En el escenario clínico de un conducto continuo en forma de C, la formación descontrolada de este precipitado salino sólido recubriría las paredes dentinarias de la herradura, obliterando los túbulos dentinarios e interfiriendo de manera negativa con la posterior adaptación del tapón biocerámico y el sellado de la obturación tridimensional.

La determinación electrónica de la longitud de trabajo en piezas con diámetros foraminales amplios suele verse alterada por la pérdida de la constricción apical, lo que genera lecturas prematuras debido al contacto del fluido periapical con instrumentos de menor calibre. En este caso, el uso de una lima tipo K de la tercera serie, calibre 120, permitió lograr un ajuste mecánico preciso en el tercio apical, estabilizando el circuito eléctrico del localizador. Este

abordaje concuerda con lo establecido por Connert *et al.* (2019), quienes demostraron que los localizadores apicales de última generación mantienen un alto grado de precisión en conductos con desarrollo radicular incompleto, siempre y cuando se emplee un instrumento endodóntico cuyo calibre se adapte estrechamente al diámetro real del foramen.

Resulta ilustrativo contrastar este resultado con lo ocurrido en la atención de posgrado previa al ingreso a la especialidad, donde la longitud de trabajo solo pudo estimarse radiográficamente en 19 mm, precisamente por la falta de instrumental del calibre adecuado para una odontometría electrónica confiable. La disponibilidad de limas calibre 120 en la sesión posterior fue, por lo tanto, el factor determinante que permitió superar esta limitación, confirmando por vía electrónica la misma longitud (19 mm) estimada radiográficamente. Este hallazgo es relevante en el marco discutido sobre la instrumentación de conductos en C: tanto la importancia de la vía de deslizamiento (Glidepath) y el centrado instrumental para evitar el transporte del conducto, una odontometría precisa constituye el punto de partida indispensable de toda la secuencia de conformación mecánica. Sin una longitud de trabajo confiable, ni la preparación de la vía de deslizamiento ni la instrumentación con limas de NiTi de conicidad mayor podrían ejecutarse con la precisión que la anatomía en C y su luz canicular irregular y paredes dentinarias delgadas lo demanda, inclusive teniendo presente el elevado riesgo de perforación o transporte apical existente.

Para comprender la elección del material empleado en la apexificación del elemento 47, resulta necesario contextualizar la evolución de los materiales biocerámicos disponibles para este procedimiento. El agregado de trióxido mineral (MTA) fue desarrollado específicamente para intervenciones en las que resulta difícil establecer una superficie seca, y su versatilidad clínica lo posicionó como material de referencia tanto para el sellado de perforaciones, el recubrimiento pulpar y la pulpotomía, como para la confección de barreras apicales en dientes con ápice abierto y el relleno retrógrado en cirugía periapical. Desde el punto de vista composicional, el MTA es una mezcla de cemento Portland y óxido de bismuto, silicato dicálcico, silicato tricálcico, aluminato tricálcico y aluminoferrita tetracálcica, entre otros óxidos minerales, con un pH de 12,5 tras el fraguado, prácticamente equivalente al del hidróxido de calcio, lo que le confiere propiedades antibacterianas similares. Su principal ventaja biológica radica en que fue el primer material que promovió el crecimiento excesivo de cemento y la regeneración de los tejidos periodontales, favoreciendo la diferenciación celular y la deposición de tejido duro en la interfase.

Los materiales biocerámicos en general, entre los que se incluyen el MTA, el Biodentine y el EndoSequence Root Repair Material (ERRM), presentan una biocompatibilidad superior a los materiales convencionales, sustentada en características biológicas similares a las de la hidroxiapatita. Durante la hidratación, estos materiales generan compuestos con capacidad de inducir una reacción regenerativa en el organismo: al entrar en contacto con el tejido óseo, la hidroxiapatita mineral exhibe propiedades osteoconductoras que promueven la formación de hueso nuevo en la interfase, mientras que su capacidad para absorber sustancias osteoinductoras cerca del sitio de reparación les confiere además una capacidad osteoinductiva inherente. A esto se suma su efecto antibacteriano, producto de la precipitación in situ del material tras el tiempo de fraguado, que provoca la retención de bacterias, y de su arquitectura porosa con nanocristales de 1 a 3 nm de diámetro, que impide la adhesión bacteriana a las paredes del conducto.

Sin embargo, el MTA no está exento de limitaciones. Entre sus desventajas más documentadas se encuentran el tiempo de fraguado prolongado, la posibilidad de decoloración coronaria, una consistencia de difícil manejo clínico y un costo elevado en comparación con otras alternativas. Estas limitaciones impulsaron el desarrollo de nuevos materiales biocerámicos como el Biodentine y el ERRM (EndoSequence Root Repair Material), este último compuesto por silicatos de calcio, óxido de tantalio, fosfato monocálcico y agentes de relleno, cuyas nanopartículas atraviesan los túbulos dentinarios y reaccionan con la humedad de la dentina para producir la precipitación de cristales de apatita, simulando el fluido tisular. A pesar del uso extendido del MTA, el Biodentine ha ido ganando terreno en la práctica clínica precisamente por superar varias de estas limitaciones inherentes. En este sentido, el metaanálisis de Paranna *et al.* (2025) reveló que el Biodentine tiende a presentar tasas de éxito clínico ligeramente superiores en comparación con otros compuestos de calcio, aunque la diferencia no alcanzó significación estadística, y que sus tasas de éxito radiográfico a los seis meses y al año de seguimiento son comparables a las del MTA.

En la revisión sistemática de Shaik *et al.* (2021), por su parte, se compararon el éxito clínico y radiográfico, y el tiempo de formación de la barrera apical del BCRRM (Endosequence), el MTA y el hidróxido de calcio para la apexificación de dientes permanentes inmaduros. Los tres materiales presentaron tasas de éxito clínico similares en cuanto al control de la sintomatología, pero el menor tiempo requerido para la formación de la barrera apical y la posibilidad de realizar el tratamiento en una sola visita posicionaron al MTA y al BCRRM

por encima del hidróxido de calcio. Cabe destacar, además, que el menor tiempo de tratamiento con MTA puede traducirse en tasas de éxito globales más elevadas, dado que favorece la adherencia del paciente al plan terapéutico.

La creación de una barrera artificial mediante un tapón apical biocerámico de 3 mm (Bio-C Repair®) en el caso clínico presentado se alinea precisamente con esta evidencia. Este material, desarrollado por Angelus (Brasil) y basado en silicatos de calcio al igual que el MTA y el Biodentine, comparte las propiedades biocompatibles e hidrófilas que promueven la diferenciación celular y la deposición de tejido duro, logrando un sellado hermético inmediato (Torabinejad; Chivian, 1999; Banchs; Trope, 2004). Desde el punto de vista composicional, el Bio-C Repair® contiene silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, sulfato de calcio, carbonato de calcio y óxido de zirconio como agente radiopacificador, sustituyendo al óxido de bismuto del MTA original, lo que le confiere una radiopacidad clínicamente adecuada sin los efectos de decoloración coronaria asociados a dicho compuesto (Campi *et al.*, 2023; Santos *et al.*, 2021). Su capacidad de fraguar en presencia de humedad, e incluso en contacto con sangre o fluido tisular, lo convierte en una opción especialmente ventajosa para la confección de tapones apicales en dientes con ápice abierto, donde el control de la humedad en el tercio apical resulta técnicamente desafiante. Adicionalmente, el Bio-C Repair® presenta un pH alcalino sostenido tras el fraguado, propiedades antibacterianas inherentes y una bioactividad que promueve la formación de hidroxiapatita en la interfase material-tejido, favoreciendo la regeneración de los tejidos periapicales adyacentes al foramen (Campi *et al.*, 2023).

Estas características superan las limitaciones del hidróxido de calcio con monoclorofenol alcanforado, propuesto originalmente por Kaiser en 1964, cuya utilización como material de apexificación implicaba tiempos de formación de la barrera apical de entre 5 y 20 meses, la posibilidad de deformidades en los puentes de dentina recién formados y la ausencia de un sellado duradero. En el contexto clínico particular de este caso, con un número limitado de sesiones disponibles y una paciente que ya había atravesado una complicación articular que demoró el inicio del tratamiento endodóntico propiamente dicho, la posibilidad de confeccionar el tapón apical inmediatamente antes de la obturación resultó un factor determinante en la selección del Bio-C Repair®.

En cuanto a la obturación del espacio remanente, la elección del Bio-C Sealer® como cemento endodóntico complementario respondió a criterios de coherencia biológica y química con el tapón apical ya colocado. El Bio-C Sealer® es un cemento biocerámico

inyectable premezclado, suministrado en jeringa única, que contiene silicatos de calcio, aluminato de calcio, óxido de calcio, óxido de zirconio, óxido de hierro, dióxido de silicio y agentes dispersantes (Zamparini *et al.*, 2024). Al compartir la misma familia de materiales que el Bio-C Repair®, garantiza una interfase homogénea entre el tapón apical y el cuerpo de la obturación, sin riesgo de incompatibilidad química entre ambos. Entre sus propiedades más destacadas se encuentran su alta fluidez, que permite la penetración en los túbulos dentinarios y en los espacios irregulares de la anatomía en C, la ausencia de contracción al fraguado, su expansión mínima controlada que favorece el sellado marginal, y su biocompatibilidad con los tejidos periapicales, con estudios que demuestran su elevada citocompatibilidad en términos de viabilidad celular, migración y capacidad de mineralización (Zamparini *et al.*, 2024). Debido a su menor tamaño de partícula, mayor fluidez e hidrofiliidad, el Bio-C Sealer® exhibe además una mayor penetración y mejor adaptación a los túbulos dentinarios en comparación con selladores convencionales a base de resina epóxica (Cáceres; Larraín, 2021). A diferencia de estos últimos, el Bio-C Sealer® no libera sustancias citotóxicas al fraguar y mantiene sus propiedades de sellado en presencia de humedad, condición frecuente en el contexto de un ápice abierto tratado con tapón biocerámico. En este sentido, la revisión sistemática y metaanálisis de Zamparini *et al.* (2024) confirmó que los selladores biocerámicos premezclados mejoran significativamente el sellado apical en comparación con los selladores estándar a base de resina.

La combinación del Bio-C Sealer® con la técnica de gutapercha termoplastizada inyectable mediante el sistema Fi-G (Woodpecker®, Japón) resultó indispensable dada la morfología en forma de herradura correspondiente a la Categoría I de Melton.

En relación con la clasificación de Fan *et al.* (2004) y su aplicación a la elección de la técnica de obturación, las técnicas de condensación lateral convencional dependen de la posibilidad de insertar espaciadores y conos accesorios en distintos puntos de la luz del conducto, algo que una configuración continua en C, sin las subdivisiones presentes en las categorías C2 o C3, no siempre permite realizarlo de forma homogénea. Los sistemas de gutapercha termoplastizada, en cambio, por su capacidad de adaptación plástica a las paredes del conducto, garantizan un sellado tridimensional denso en la luz canalicular irregular que caracteriza a esta variante anatómica. En caso de no haber contado con el sistema de gutapercha termoplastizada inyectable, la condensación lateral convencional hubiera constituido la alternativa a seguir.

CONCLUSIÓN

El abordaje de este caso demuestra que el éxito en anatomías complejas del sector posterior no depende únicamente de la destreza dentro del conducto, sino de una evaluación integral del sistema estomatognático que priorice la estabilidad de la articulación temporomandibular.

Ante complicaciones como la subluxación condilar aguda y el trismo severo, la desprogramación neuromuscular anterior con un Jig de Lucia, combinada con terapia física térmica, demostró ser una alternativa conservadora y eficaz para restablecer la apertura bucal fisiológica necesaria para trabajar con seguridad.

Por otra parte, en piezas dentarias con desarrollo radicular incompleto y una morfología en forma de "C", el uso de digluconato de clorhexidina al 2% como irrigante principal, resultó una elección sumamente segura para evitar accidentes por extrusión química en los tejidos periapicales. Asimismo, la combinación de la odontometría electrónica con instrumentos de gran calibre y la activación ultrasónica pasiva permitieron un desbridamiento químico-mecánico preciso en un espacio canalicular irregular y sin constricción apical natural.

Finalmente, el empleo de un tapón apical biocerámico a base de silicatos de calcio garantizó un sellado biocompatible y hermético inmediato en el ápice abierto. Esto permitió que la posterior obturación con sistemas de gutapercha termoplastizada inyectable se adaptara de forma tridimensional a la luz continua de este conducto en forma de herradura, logrando resolver el caso de manera integral y predecible.

BIBLIOGRAFÍA

Abdallahman, K., Talabani, R., Kazzaz, S., & Babarasul, D. (2022). Assessment of C-Shaped Canal Morphology in Mandibular and Maxillary Second Molars in an Iraqi Subpopulation Using Cone-Beam Computed Tomography. *Scanning*, 2022, 4886993.

American Association of Endodontists. (2021). *Clinical considerations for a regenerative procedure* (revised May 18, 2021).

Amoroso-Silva, P. A., Ordinola-Zapata, R., Marciano, M. A., Bramante, C. M., Bernardineli, N., Moraes, I. G., & Húngaro Duarte, M. A. (2013). Micro-computed tomography analysis of mandibular second molars with C-shaped root canals. *Journal of Endodontics*, 39(12), 1529–1533.

Banchs, F., & Trope, M. (2004). Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: New treatment protocol? *Journal of Endodontics*, 30(4), 196–200.

Cáceres, C., & Larraín, P. (2021). Dentinal tubule penetration and adaptation of Bio-C Sealer and AH-Plus: A comparative SEM evaluation. *Journal of Endodontics*, 47(9), 1498–1503.

Campi, L. B., Rodrigues, E. M., Torres, F. F. E., Reis, J. M. S. N., Guerreiro-Tanomaru, J. M., & Tanomaru-Filho, M. (2023). Physicochemical properties, cytotoxicity and bioactivity of a ready-to-use bioceramic repair material. *Brazilian Dental Journal*, 34(1), 1–10.

Connert, T., Juvalé, B., ElAyouti, A., & Löst, C. (2019). Accuracy of electronic apex locators in teeth with incomplete root development: A systematic review. *International Endodontic Journal*, 52(4), 423–432.

Cvek, M. (1992). Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. *Dental Traumatology*, 8(2), 45–55.

Fan, B., Cheung, G. S., Fan, M., Gutmann, J. L., & Bian, Z. (2004). C-shaped canal system in mandibular second molars: Part I—Anatomical features. *Journal of Endodontics*, 30(12), 899–903.

Greene, C. S., & Laskin, D. M. (2020). Treatment of temporomandibular disorders: Moving toward an evidence-based biopsychosocial model. *Journal of Oral and Facial Pain and Headache*, 34(4), 311–317.

Gu, L. S., Kim, J. R., Ling, J., Choi, K. K., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2009). Review of contemporary irrigant activation techniques and devices. *Journal of Endodontics*, 35(6), 791–804.

Gutmann, J. L. (2019). C-shaped root canal system. En M. A. Versiani, B. Basrani, & M. D. Sousa-Neto (Eds.), *The root canal anatomy in permanent dentition* (pp. 255–274). Springer.

Haapasalo, M., Shen, Y., Wang, Z., & Gao, Y. (2014). Irrigation in endodontics. *British Dental Journal*, 216(6), 299–303.

Lucia, V. O. (1964). A technique for recording centric relation. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 14(3), 492–505.

Mahmoud, G., Nagi, S., & Elbatouty, K. (2024). Revitalization versus apexification in immature permanent teeth: Systematic review and meta-analysis. *Cureus*, 16(3), e56345.

Martins, J. N. R., Marques, D., Silva, E. J. N. L., Caramês, J., Mata, A., & Versiani, M. A. (2019). Prevalence of C-shaped canal morphology using cone beam computed tomography: A systematic review with meta-analysis. *International Endodontic Journal*, 52(11), 1556–1572.

Melton, D. C., Krell, K. V., & Fuller, M. W. (1991). Anatomical and histological features of C-shaped canals in mandibular second molars. *Journal of Endodontics*, 17(8), 384–388.

Nolla, C. M. (1960). The development of the permanent teeth. *Journal of Dentistry for Children*, 27(4), 254–266.

Okeson, J. P. (2019). *Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares* (8.^a ed.). Elsevier.

Paranna S, Gogawale R, Patil A, Huddar S, Patro K, Kanetkar J. (2025) Clinical and Radiographic Evaluation of Biodentine for Apexogenesis in Young Permanent Mandibular Molars: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*. 18;17(7): e88240.

Pendse, G., Misra, R., Mandke, L., Maniar, H., Khose, A., & Basmatkar, N. (2025). Comparison of revascularization and apexification using mineral trioxide aggregate in young human immature nonvital teeth: A systematic review and meta-analysis. *Cureus*, 17(7), e88732.

Rasimick, B. J., Nekich, M., Hladek, M. M., Musikant, B. L., & Deutsch, A. S. (2008). Interaction between chlorhexidine digluconate and EDTA. *Journal of Endodontics*, 34(12), 1521–1523.

Sabeti, M., Ghobrial, D., Zanjir, M., da Costa, B. R., Joven, Y., & Azarpazhooh, A. (2024). Treatment outcomes of regenerative endodontic therapy in immature permanent teeth with pulpal necrosis: A systematic review and network meta-analysis. *International Endodontic Journal*, 57, 238–255.

Santos, J. S., Duarte, M. A. H., Rodrigues, E. M., Guerreiro-Tanomaru, J. M., Tanomaru-Filho, M., & Campi, L. B. (2021). Calcium silicate-based cements cause environmental stiffness and show diverse potential to induce osteogenesis in human osteoblastic cells. *Journal of Biomedical Materials Research Part B*, 109(8), 1181–1190.

Shaik I, Dasari B, Kolichala R, Doos M, Qadri F, Arokiyasamy JL *et al.*, (2021) Comparison of the Success Rate of Mineral Trioxide Aggregate, Endosequence Bioceramic Root Repair Material, and Calcium Hydroxide for Apexification of Immature Permanent Teeth: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Pharm Bioallied Sci.*, 13(Supl. 1): S43–S47.

Shaikh, S., Patil, A. G., Kalgutkar, V. U., Bhandarkar, S. A., & Hakke Patil, A. (2024). The Assessment of C-shaped Canal Prevalence in Mandibular Second Molars Using Endodontic Microscopy and Cone Beam Computed Tomography: An In Vivo Investigation. *Cureus*, 16(6), e62026.

Torabinejad, M., & Chivian, N. (1999). Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics*, 25(3), 197–205.

Yousefi, F., Mohammadi, Y., & Shokri, E. (2025). Prevalence of C-shaped canal morphology in premolar and molar teeth assessed by cone-beam computed tomography: Systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*, 25(1), 1657.

Zamparini, F., Lenzi, J., Duncan, H. F., Spinelli, A., Gandolfi, M. G., & Prati, C. (2024). The efficacy of premixed bioceramic sealers versus standard sealers on root canal treatment outcome, extrusion rate and post-obturation pain: A systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*, 57(8), 1021–1042.

Zehnder, M. (2006). Root canal irrigants. *Journal of Endodontics*, 32(5), 389–398.