



ARTICULO REVISIÓN

Uso del ácido etilendiaminotetraacético como solución irrigante en los conductos radiculares

Use of ethylenediaminetetraacetic acid as an irrigating solution in root canals

Uso do ácido etilenodiaminotetracético como solução irrigante nos canais radiculares

María Belén Muñoz-Padilla¹, **Camila Alejandra Villafuerte-Moya**¹, **Verónica Alicia Vega-Martínez**¹

¹Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ibarra. Ecuador.

Recibido: 28 de noviembre de 2025

Aceptado: 10 de diciembre de 2025

Publicado: 11 de diciembre de 2025

Citar como: Muñoz-Padilla MB, Villafuerte-Moya CA Vega-Martínez VA. Uso del ácido etilendiaminotetraacético como solución irrigante en los conductos radiculares. Rev Ciencias Médicas [Internet]. 2025 [citado: fecha de acceso]; 29(S1): e6955. Disponible en: <http://revcmpinar.sld.cu/index.php/publicaciones/article/view/6955>

RESUMEN

Introducción: el ácido etilendiaminotetraacético es un agente quelante utilizado en endodoncia para facilitar la limpieza y desinfección de los conductos radiculares, ayudando a eliminar la capa de barrillo dentinario y mejora el sellado del material de obturación.

Objetivo: exponer los beneficios del EDTA como irrigante de conductos radiculares.

Métodos: se realizó una revisión sistemática de la literatura científica, para lo que fue desarrollada una estrategia de búsqueda en diferentes bases de datos, permitiendo la recuperación de información, la cual fue analizada y sintetizada, siendo seleccionada la misma según su pertinencia y relevancia.

Desarrollo: el ácido etilendiaminotetraacético es un agente quelante hexadentado capaz de formar complejos estables con iones metálicos, especialmente calcio, lo que le confiere eficacia en la eliminación del barrillo dentinario durante la irrigación endodóntica. Su uso al 17 % por 1-3 minutos permite abrir túbulos dentinarios y mejorar la permeabilidad, favoreciendo la penetración de agentes antimicrobianos. Sin embargo, exposiciones prolongadas pueden debilitar la dentina y reducir su resistencia. Aunque la evidencia clínica directa es limitada, estudios in vitro y revisiones sistemáticas respaldan su incorporación rutinaria en protocolos endodónticos, con un perfil de seguridad aceptable y amplia experiencia clínica acumulada.

Conclusiones: el ácido etilendiaminotetraacético, como irrigante endodóntico, optimiza la eliminación de tejido dentinario residual, restos pulpares y bacterias, mejorando la preparación de conductos. Sin embargo, su falta de biocompatibilidad exige precaución clínica para proteger los tejidos blandos del paciente durante el procedimiento.

Palabras clave: Capa de Barro Dentinario; Endodoncia; Quelantes Del Hierro.

ABSTRACT

Introduction: ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) is a chelating agent used in endodontics to facilitate cleaning and disinfection of root canals by removing the smear layer and improving the sealing of obturation materials.

Objective: to present the benefits of EDTA as a root canal irrigant.

Methods: a systematic literature review was conducted. A search strategy was developed across multiple databases, and relevant information was retrieved, analyzed, synthesized, and selected based on relevance and pertinence.

Development: ethylenediaminetetraacetic acid is a hexadentate chelating agent capable of forming stable complexes with metal ions, especially calcium, giving it efficacy in removing the smear layer during endodontic irrigation. Its use as a 17 % solution for 1–3 minutes opens dentinal tubules and improves permeability, enhancing the penetration of antimicrobial agents. However, prolonged exposure may weaken dentin and reduce its resistance. Although direct clinical evidence is limited, in vitro studies and systematic reviews support its routine incorporation into endodontic protocols, with an acceptable safety profile and extensive accumulated clinical experience.

Conclusions: as an endodontic irrigant, ethylenediaminetetraacetic acid optimizes the removal of residual dentin debris, pulpal remnants, and bacteria, improving canal preparation. However, its lack of biocompatibility requires clinical caution to protect the patient's soft tissues during the procedure.

Keywords: Smear Layer; Endodontics; Iron Chelating Agents.

RESUMO

Introdução: o ácido etilenodiaminotetracético é um agente quelante utilizado em endodontia para facilitar a limpeza e desinfecção dos canais radiculares, ajudando a eliminar a camada de lama dentinária e melhorando a vedação do material obturador.

Objetivo: expor os benefícios do EDTA como irrigante de canais radiculares.

Métodos: foi realizada uma revisão sistemática da literatura científica, para a qual foi desenvolvida uma estratégia de busca em diferentes bases de dados, permitindo a recuperação das informações, que foram analisadas e sintetizadas, sendo selecionadas conforme sua pertinência e relevância.

Desenvolvimento: o ácido etilenodiaminotetracético é um agente quelante hexadentado capaz de formar complexos estáveis com íons metálicos, especialmente cálcio, o que lhe confere eficácia na eliminação da lama dentinária durante a irrigação endodôntica. Seu uso a 17 % por 1 a 3 minutos permite abrir túbulos dentinários e melhorar a permeabilidade, favorecendo a penetração de agentes antimicrobianos. No entanto, exposições prolongadas podem enfraquecer a dentina e reduzir sua resistência. Embora a evidência clínica direta seja limitada, estudos in vitro e revisões sistemáticas respaldam sua incorporação rotineira em protocolos endodônticos, com um perfil de segurança aceitável e ampla experiência clínica acumulada.

Conclusões: o ácido etilenodiaminotetracético, como irrigante endodôntico, otimiza a eliminação de tecido dentinário residual, restos pulpaes e bactérias, melhorando a preparação dos canais. Contudo, sua falta de biocompatibilidade exige precaução clínica para proteger os tecidos moles do paciente durante o procedimento.

Palabras-chave: Camada De Esfregaço; Endodontia; Quelantes De Ferro.

INTRODUCCIÓN

La terapia endodóntica busca la desinfección completa de los conductos dentinarios mediante instrumentación mecánica y soluciones irrigadoras. La preparación mecánica genera una capa irregular llamada barrillo dentinario o smear layer, compuesta por restos orgánicos e inorgánicos, incluyendo tejido pulpar necrótico, bacterias y partículas dentales. Para su eliminación se requieren irrigantes: el hipoclorito de sodio es eficaz contra los componentes orgánicos, mientras que el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) al 17 % disuelve la fracción inorgánica. La combinación de ambos agentes permite una limpieza integral del conducto radicular, optimizando los resultados clínicos y garantizando mayor éxito en los tratamientos endodónticos.⁽¹⁾

El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) es un ácido orgánico tetracarboxílico derivado del etano por aminación de sus dos grupos metilo y posterior diacetilación de cada uno de los grupos amino. La principal propiedad química del EDTA y la que justifica su uso en odontología, es su capacidad de actuar como agente quelante de iones metálicos. Se denomina grupo de coordinación al formado por un grupo químico y un ión metálico unidos mediante un enlace covalente coordinado o dativo. La reacción en la que se establecen grupos de coordinación recibe el nombre de quelación y las sustancias, moléculas o iones, que son capaces de formar más de un enlace o grupo coordinado con un ión metálico se denominan agentes quelantes.⁽²⁾

Los compuestos de coordinación formados por la unión entre un agente quelante y un ion metálico se denominan quelatos, en los cuales distintos grupos químicos del quelante establecen enlaces coordinados con el metal, envolviéndolo como una pinza, de ahí que el término “quelar” provenga del griego khele (garra). Entre los agentes quelantes destaca el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), considerado hexadentado por su capacidad de coordinarse octaédricamente mediante seis grupos funcionales, lo que le permite fijar de manera eficaz iones como Ca, Mg, Mo, Fe, Cu y Zn. Gracias a esta propiedad, el EDTA se utiliza para eliminar trazas metálicas en agua destilada y purificada, así como en análisis químicos por vía complexométrica, donde la estabilidad de los quelatos que forma garantiza resultados precisos y confiables.^(3,4)

El EDTA es utilizado ampliamente en investigación biomédica como inhibidor enzimático, pues es capaz de fijar los iones Co^{++} , Fe^{++} , Cu^{++} ó Zn^{++} situados en los centros activos de diferentes enzimas (metaloenzimas) aboliendo su actividad catalítica, inactivándolas e inhibiendo las reacciones por ellas catalizadas.⁽⁵⁾ Por ejemplo, el EDTA inhibe la reacción de hidrólisis secuencial de enlaces peptídicos de proteínas a partir del extremo C-terminal mediada por la carboxipeptidasa A, quelando el ión Zn^{++} que contiene esta enzima en su centro activo. Igualmente, la quelación de calcio sanguíneo efectuada por el EDTA hace que éste sea utilizado como agente anticoagulante, pues es bien conocida la necesidad inexcusable de la presencia de calcio en el medio para que se produzca la cascada de la coagulación, dado que la unión entre los diferentes factores de la coagulación se establece, entre otros, por puentes catiónicos divalentes mediados por el ión Ca^{++} .⁽⁶⁾ En base a lo indicado se realiza la presente revisión, la cual tuvo por objetivo exponer los beneficios del EDTA como irrigante de conductos radiculares.

MÉTODOS

Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica sobre los beneficios del EDTA como irrigante de conductos radiculares. Las búsquedas preliminares se realizaron en noviembre de 2023 en las bases de datos PubMed y Google Académico. Para optimizar la recuperación de información, además de los términos principales "EDTA" y "endodoncia", se incorporaron descriptores controlados y palabras clave adicionales, tanto MeSH como DeCS, relacionados con el uso del EDTA en la práctica endodóntica. Entre ellos se incluyeron: "Ethylenediaminetetraacetic Acid", "Root Canal Irrigants", "Chelating Agents", "Smear Layer Removal", "Root Canal Preparation", "Endodontic Irrigation" y "Dentin Conditioning". La combinación de estos términos mediante operadores booleanos (AND, OR) permitió ampliar la sensibilidad de la búsqueda y asegurar la identificación de un conjunto robusto de estudios pertinentes.

La selección inicial identificó 569 artículos potencialmente relevantes mediante la estrategia de búsqueda. Tras la eliminación de duplicados y la revisión de títulos y resúmenes, se pre-seleccionaron 200 artículos para evaluación detallada. Finalmente, se incluyeron 28 estudios que cumplieron los criterios de inclusión (artículos en idioma español o inglés, publicados en los últimos cinco años), y presentaron la mayor calidad metodológica y relevancia clínica. Se excluyeron reportes de casos aislados, cartas al editor sin datos originales y estudios con alta probabilidad de sesgo metodológico.

La síntesis de la evidencia se organizó según los principales aspectos del tratamiento endodóntico relacionados con el uso de EDTA. La información se clasificó en categorías temáticas que incluyeron: propiedades químicas y quelantes del EDTA, eficacia en la remoción del smear layer, interacciones con otros irrigantes, efecto sobre la estructura dentinaria, protocolos de irrigación y tiempos de aplicación, así como alternativas emergentes a los agentes quelantes convencionales.

DESARROLLO

El ácido etilendiaminetetraacético es un compuesto orgánico sintético que pertenece a la familia de los ácidos aminopolicarboxílicos, con fórmula molecular $C_{10}H_{16}N_2O_8$ y peso molecular de 292.24 g/mol. Su estructura química se caracteriza por la presencia de dos grupos amino ($-NH_2$) unidos por un puente de etileno, donde cada grupo amino está sustituido por dos grupos acético ($-CH_2COOH$), resultando en un total de cuatro grupos carboxílicos en la molécula. Esta configuración molecular particular confiere al EDTA su notable capacidad para actuar como agente quelante multidentado.⁽⁷⁾

La propiedad más relevante del EDTA desde el punto de vista endodóntico es su capacidad para formar complejos de coordinación estables con cationes metálicos, particularmente con iones divalentes como el calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), hierro (Fe^{2+}) y zinc (Zn^{2+}). El término quelación deriva del griego "khele" que significa pinza o garra, reflejando la forma en que la molécula de EDTA envuelve al ión metálico mediante múltiples enlaces de coordinación. En el caso del EDTA, su estructura permite establecer hasta seis puntos de unión con un solo ión metálico (dos nitrógenos y cuatro oxígenos de los grupos carboxílicos), por lo que se denomina agente quelante hexadentado.⁽⁸⁾

El proceso de quelación ocurre cuando el EDTA dona pares de electrones de sus átomos de nitrógeno y oxígeno hacia los orbitales vacíos del ión metálico, formando enlaces covalentes coordinados que generan un anillo heterocíclico cerrado denominado quelato, el cual presenta una estabilidad termodinámica mucho mayor que la de los complejos con ligandos monodentados; en el caso del quelato EDTA-calcio, su constante de estabilidad ($\log K = 10.7$) evidencia la alta afinidad por los iones de calcio presentes en la hidroxiapatita dentinaria. En solución acuosa, el EDTA puede encontrarse en distintos estados de protonación según el pH, siendo la forma tetrasódica (Na_4EDTA) la más empleada en formulaciones endodónticas por su elevada solubilidad en agua; a pH neutro o ligeramente alcalino, medio en el que constituyen la forma más reactiva para la quelación de calcio, maximizando su eficacia sobre la dentina mineralizada.^(9,10)

Su mecanismo de acción sobre la dentina radicular se fundamenta en su capacidad para quelar selectivamente los iones de calcio que forman parte de los cristales de hidroxiapatita $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$, el principal componente mineral de la dentina. Al contacto con la superficie dentinaria, las moléculas de EDTA interactúan preferentemente con los iones calcio ubicados en la red cristalina de la hidroxiapatita, formando complejos solubles de calcio-EDTA que se dispersan en la solución irrigante, provocando así la desmineralización progresiva de la capa superficial dentinaria.⁽¹¹⁾

El barrillo dentinario generado durante la instrumentación biomecánica posee dos componentes estructurales distintos, una capa superficial amorfa de 1-2 micrómetros de espesor que cubre completamente la dentina instrumentada, y una extensión más profunda que penetra en los túbulos dentinarios hasta una profundidad de 40 micrómetros. La porción superficial del barrillo está compuesta aproximadamente por 50 % de material inorgánico (principalmente cristales de hidroxiapatita fragmentados) y 50 % de materia orgánica (colágeno desnaturalizado, remanentes de tejido pulpar y microorganismos). El EDTA actúa eficientemente sobre la fracción mineral de ambos componentes, provocando su disolución y permitiendo su remoción mecánica durante la irrigación.^(12,13)

La acción quelante del EDTA sobre los iones calcio no solo elimina el barrillo dentinario, sino que también afecta de manera significativa la dentina peritubular e intertubular. En un estudio reciente, se observó que la dentina peritubular, altamente mineralizada, es particularmente vulnerable a la desmineralización inducida por el EDTA. Este proceso genera la apertura y ensanchamiento de los túbulos dentinarios, lo que incrementa la permeabilidad del tejido y facilita la difusión de soluciones antimicrobianas hacia las capas más profundas de la dentina.^(14,15)

Los análisis mediante microscopía electrónica de barrido han evidenciado que la irrigación con EDTA al 17 % durante intervalos breves (uno - tres minutos) logra una remoción casi completa del barrillo dentinario, exponiendo una superficie con túbulos dentinarios abiertos y libres de obstrucción. No obstante, investigaciones recientes señalan que tiempos de exposición superiores a cinco minutos generan una desmineralización marcada de la dentina peritubular, con pérdida de tejido dentinario y riesgo de debilitamiento estructural de las paredes del conducto radicular.⁽¹⁶⁾

La concentración de EDTA más utilizada y validada en endodoncia continúa siendo la solución al 17 % (peso/volumen). Investigaciones recientes han corroborado que esta formulación, introducida en la práctica clínica desde mediados del siglo XX, mantiene su efectividad para la eliminación del barrillo dentinario sin producir cambios estructurales relevantes en la dentina radicular, siempre que se emplee en períodos de exposición controlados. El EDTA al 17 % puede encontrarse tanto en presentación líquida como en forma de gel, ambas con eficacia comparable, aunque con características físicas distintas que condicionan su comportamiento y distribución dentro del sistema de conductos.⁽¹⁷⁾

Las concentraciones reducidas de EDTA, como las soluciones al 10 y 5 %, han sido propuestas como alternativas destinadas a disminuir el riesgo de erosión dentinaria excesiva, sin comprometer su capacidad quelante. Estudios comparativos in vitro sugieren que el EDTA al 10 % requiere tiempos de aplicación ligeramente mayores para lograr una remoción del barrillo dentinario comparable a la obtenida con la concentración estándar al 17 %, aunque conserva un perfil de seguridad más favorable en cuanto a preservación de la estructura dentinaria. No obstante, la evidencia clínica que respalde la superioridad de estas concentraciones menores frente al 17 % sigue siendo limitada.^(18,19)

Por otro lado, las formulaciones en gel de EDTA han adquirido relevancia en los últimos años por sus ventajas operativas en términos de manipulación y permanencia dentro del conducto radicular. Aunque mantienen la concentración activa al 17 %, incorporan agentes espesantes — como carbopol o hidroxipropilmetilcelulosa— que incrementan su viscosidad y retrasan su difusión, permitiendo una aplicación más controlada, especialmente en conductos amplios o con anatomías complejas. Además, su consistencia facilita la introducción mediante limas endodónticas, favoreciendo una aplicación activa que combina acción química y mecánica.⁽²⁰⁾

El protocolo óptimo para la aplicación de EDTA en endodoncia ha sido objeto de numerosas investigaciones, existiendo actualmente un consenso general respecto a que este agente quelante debe utilizarse como irrigante final, posterior a la instrumentación biomecánica completa y a la irrigación abundante con hipoclorito de sodio. Esta secuencia se fundamenta en el principio de que el hipoclorito de sodio debe actuar primero sobre los componentes orgánicos del conducto (tejido pulpar, materia orgánica del barrillo, microorganismos), mientras que el EDTA complementa posteriormente este efecto removiendo la fracción mineral del barrillo dentinario.⁽²¹⁾

En cuanto al tiempo de aplicación, la evidencia científica sugiere que períodos de exposición entre uno y tres minutos son suficientes para lograr una remoción efectiva del barrillo dentinario sin provocar erosión dentinaria excesiva. Estudios mediante microscopía electrónica de barrido han demostrado que la aplicación de EDTA al 17 % durante un minuto resulta en apertura significativa de los túbulos dentinarios y remoción de la capa superficial del barrillo, mientras que tiempos de tres minutos permiten una limpieza más completa incluyendo la porción intratubular del mismo. Tiempos superiores a cinco minutos no ofrecen beneficios adicionales en términos de limpieza y pueden incrementar el riesgo de desmineralización excesiva de la dentina peritubular.^(22,23)

La irrigación con EDTA provoca cambios estructurales y morfológicos en la dentina radicular, con remoción del “barro dentinario” (smear layer) y apertura de los túbulos dentinarios, lo que incrementa la permeabilidad dentinaria y facilita la penetración de agentes antimicrobianos hacia capas profundas.^(24,25,26) Estudios con microscopía electrónica han mostrado que la exposición a EDTA al 17 % durante uno a tres minutos produce desmineralización selectiva de la dentina peritubular, que tiene mayor contenido mineral que la intertubular; esto ocasiona ensanchamiento tubular y exposición de la red colágena de la matriz orgánica.⁽²¹⁾

Como resultado, la dentina experimenta una disminución significativa de su microdureza superficial, documentada mediante pruebas de micro- y nano-indentación, en comparación con dentina no tratada.⁽²⁷⁾ Finalmente, la desmineralización inducida por EDTA puede comprometer las propiedades biomecánicas de la dentina; diversos estudios han reportado reducción en la resistencia a la fractura cuando se elimina completamente el smear layer y se expone la dentina a quelantes, especialmente en dientes con paredes radicales delgadas o conductos ampliamente instrumentados.⁽²⁸⁾ Por ello, es fundamental emplear concentraciones y tiempos de aplicación adecuados, por ejemplo, muchos trabajos coinciden en que la exposición no debería exceder unos pocos minutos, para maximizar la limpieza del conducto sin comprometer la integridad estructural del diente.⁽²⁹⁾

La biocompatibilidad del EDTA ha sido ampliamente estudiada y, en general, presenta un perfil de seguridad favorable cuando se utiliza a concentraciones habituales y durante tiempos clínicamente recomendados. Los estudios de citotoxicidad muestran efectos moderados sobre fibroblastos, células del ligamento periodontal y osteoblastos, aunque menores que los provocados por irrigantes como el hipoclorito de sodio. La toxicidad es dependiente del tiempo y la concentración, aumentando si se exceden los protocolos sugeridos. En modelos animales, pequeñas cantidades extruidas más allá del ápice generan solo una inflamación transitoria y menos severa que la causada por NaOCl. Desde el punto de vista clínico, debe evitarse un uso prolongado para no debilitar la dentina y prevenir la extrusión apical mediante agujas adecuadas y presión controlada. No se han reportado reacciones alérgicas sistémicas significativas, y la manipulación requiere medidas básicas de protección. Ante contacto accidental con tejidos blandos, se recomienda irrigación abundante con agua o suero fisiológico.^(1,8,24)

La evidencia clínica que sustenta el uso del EDTA en endodoncia proviene fundamentalmente de estudios in vitro, investigaciones en modelos animales y, en menor medida, ensayos clínicos controlados en humanos. Los estudios in vitro han sido particularmente abundantes y han contribuido significativamente a la comprensión de los mecanismos de acción del EDTA, sus efectos sobre la dentina y la optimización de protocolos de aplicación. Sin embargo, la extrapolación de estos hallazgos a la práctica clínica requiere cautela debido a las limitaciones inherentes de los modelos experimentales in vitro.^(6,8)

Revisiones sistemáticas de la literatura han concluido que la incorporación de EDTA como irrigante final en protocolos de tratamiento endodóntico resulta en una remoción significativamente más efectiva del barrillo dentinario comparada con protocolos basados únicamente en hipoclorito de sodio. Este beneficio se traduce en una mayor apertura tubular, incremento de la permeabilidad dentinaria y potencialmente mejor penetración de medicamentos intraconducto o selladores endodónticos. No obstante, la evidencia directa que relacione el uso de EDTA con mejoras en las tasas de éxito clínico a largo plazo del tratamiento endodóntico es limitada y requiere investigación adicional.^(9,10)

Ensayos clínicos randomizados que comparen directamente protocolos con y sin EDTA en términos de resultados clínicos objetivos (éxito radiográfico, ausencia de sintomatología, preservación de tejidos periapicales) son escasos en la literatura. Los pocos estudios disponibles generalmente reportan tendencias favorables en el grupo que recibió irrigación con EDTA, aunque las diferencias no siempre alcanzan significancia estadística.^(1,2,8,14,24)

A pesar de estas limitaciones en la evidencia clínica de alto nivel, el consenso profesional actual respalda firmemente la incorporación de EDTA como componente rutinario de los protocolos de irrigación endodóntica, basándose en la sólida evidencia experimental que demuestra su eficacia para la remoción del barrillo dentinario, su perfil de seguridad aceptable y décadas de experiencia clínica favorable. Futuras investigaciones deberían enfocarse en realizar estudios clínicos multicéntricos bien diseñados con seguimientos prolongados que permitan cuantificar de manera más precisa el impacto del uso de EDTA sobre los resultados clínicos a largo plazo del tratamiento endodóntico.^(9,15,22,30)

CONCLUSIONES

La función de un irrigante en endodoncia es importante para el tratamiento de conductos y las diferentes propiedades que ofrece el EDTA mejoran el procedimiento, ya que este quelante permite la eliminación y desintegración óptima de elementos que se encuentran dentro de los conductos radiculares, como el tejido dentinario residual, restos de tejido pulpar, bacterias entre otras, sin embargo es importante resaltar que el EDTA no es biocompatible con el organismo humano por lo que se debe tener cuidado al trabajar con este elemento, precautelando los tejidos blandos del paciente

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Llop Grima MA. Las soluciones irrigadoras más comunes en Endodoncia: hipoclorito de sodio, clorhexidina y ácido etilendiamino tetracético. Universidad Católica de Valencia. San Vicente Mártir[Internet]; 2022[citado 06/03/2024]. Disponible en: <https://riucv.ucv.es/handle/20.500.12466/2548>
2. Núñez Perozo I, Rijo Armstrong O. Recursos actuales de irrigación en endodoncia. Universidad Iberoamericana. República Dominicana[Internet]; 2022[citado 06/03/2024]. Disponible en: <https://repositorio.unibe.edu.do/jspui/bitstream/123456789/1684/2/200973TF.pdf>
3. Almubarak T, Ng JH, Ramanathan R, Nasr-El-Din HA. From initial treatment design to final disposal of chelating agents: a review of corrosion and degradation mechanisms. RSC Adv[Internet]. 2022[citado 06/03/2024];12:1813-1833.Disponible en: <https://doi.org/10.1039/d1ra07272b>
4. Hai NNS, Sanderson P, Qi F, Du J, Nong NN, Bolan N, et al. Effects of chelates (EDTA, EDDS, NTA) on phytoavailability of heavy metals (As, Cd, Cu, Pb, Zn) using ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). Environ Sci Pollut Res Int[Internet]. 2022 Jun[citado 06/03/2024]; 29(28):42102-42116. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35366209/>
5. Rivera Jaramillo BE. *Capacidad del edta como solución irrigante en la preparación biomecánica de los conductos radiculares*. Universidad de Guayaquil. Facultad Piloto de Odontología[Internet]; 2022[citado 06/03/2024]. Disponible en: <https://repositorio.ug.edu.ec/items/a7b58849-0695-465e-9af3-ced38d6e450d> No abre

6. Liñán Fernández Maribel, González Pérez Germán, Ortiz Villagómez Mónica, Ortiz Villagómez Guillermo, Mondragón Báez Tatiana Dinorah, Guerrero Lara Guadalupe. Estudio in vitro del grado de erosión que provoca el EDTA sobre la dentina del conducto radicular. Rev Odont Mex. [Internet]. 2020 Mar [citado 06/03/2024]; 16(1): 8-13. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-199X2012000100002&lng=es
7. Beck S. Fragmentation behavior of EDTA complexes under different activation conditions. J Mass Spectrom[Internet]. 2021 Jun[citado 07/12/2025]; 56(7):e4775. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jms.4775>
8. Dos Reis-Prado AH, Abreu LG, Fagundes RR, Oliveira SC, Bottino MC, Ribeiro-Sobrinho AP, et al. Influence of ethylenediaminetetraacetic acid on regenerative endodontics: A systematic review. Int Endod J[Internet]. 2022 Jun[citado 07/12/2025]; 55(6):561-691. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/iej.13728>
9. Nakashima K, Terata R. Effect of pH modified EDTA solution to the properties of dentin. J Endod[Internet]. 2005 Jan[citado 07/12/2025]; 31(1):47-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/01.don.0000134205.05404.8e>
10. Méndez Gonzáles MV, Estrella Hernandez K, Navarrette-Olvera K, Zavala Alonso NV, Escobar Garcia DM, Gutiérrez Sánchez M. Effect of the Chelating Agent Alendronic Acid versus EDTA on the Physicochemical Properties of Dentine. Eur Endod J[Internet]. 2025[citado 07/12/2025]; 10(5):397-405. Disponible en: <https://doi.org/10.14744/eej.2025.28482>
11. Lefevre C, Mena-Gómez J, Martin-Vacas A, Vera-González V, Mena-Álvarez J. Comparative Analysis of the Chelating Capacity of Two Solutions Activated with Sonic and Ultrasonic Systems: HEBP Versus EDTA. Appl Sci[Internet]. 2025[citado 07/12/2025]; 15(18):9993. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app15189993>
12. Wang HH, Sanabria-Liviac D, Sleiman P, Dorn SO, Jaramillo DE. Smear layer and debris removal from dentinal tubules using different irrigation protocols: scanning electron microscopic evaluation, an in vitro study. Evidence-Based Endodontics[Internet]. 2017; 2(5). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s41121-017-0011-4> .
13. Vieira WA, Kitamura GH, Figueiredo de Almeida R, A de Almeida JF, Gomes BPFA, Ferraz CCR. Effect of EDTA Activation on Blood Clot Structure in Regenerative Endodontics: A Scanning Electron Microscopy Study. J Endod[Internet]. 2024 Feb[citado 07/12/2025]; 50(2):173-180. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.11.015>
14. Fortea L, Sanz-Serrano D, Luz LB, Bardini G, Mercade M. Update on chelating agents in endodontic treatment: A systematic review. J Clin Exp Dent[Internet]. 2024[citado 07/12/2025]; 16(4): e516-e538. Disponible en: <https://doi.org/10.4317/jced.60989>
15. Martinelli S, Albuquerque G, Silva L. Efecto del EDTAC y del ácido cítrico sobre la pared dentinaria. Variación del tiempo de exposición y la edad dentaria. Odontoestomatología[Internet]. 2019[citado 07/12/2025]; 21(34):5-15. Disponible en: <https://doi.org/10.22592/ode2019n34a2>

16. Pérez Carpio, Percy H. Efectividad del EDTA al 17% y del ácido cítrico al 10% activados con ultrasonido en la remoción del barro dentinario en dientes unirradiculares. Arequipa-2019: Universidad Católica de Santa María[Internet]; 2019[citado 07/12/2025]. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/a4f0820a-c1ee-47e3-bb9d-584215633bda/full>
17. Guananga-Manobanda MM, Loja-Ortiz NF, Arroyo-Lalama EM. Uso del ácido etilendiaminotetraacético como irrigante en el tratamiento del conducto radicular. Salud y Vida[Internet]. 2022[citado 07/12/2025]; 6(3):1037-1043. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.35381/s.v.v6i3.2335>
18. Chen G, Chang Y-C. Effects of liquid- and paste-type EDTA on smear-layer removal during rotary root-canal instrumentation. Journal of Dental Sciences[Internet]. 2011[citado 07/12/2025]; 6(1): 41-47. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1991790211000080>
19. Carvalho Batista LH, Cezar Sampaio JE, Pilatti GL, Shibli JA. Efficacy of EDTA-T gel for smear layer removal at root surfaces. Quintessence Int. 2005 Jul-Aug[citado 07/12/2025];36(7-8):551-8. PMID: 15997936. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15997936/>
20. Perales-Rodríguez A C. Efectividad del EDTA al 17 % y EDTA en gel al 10 % en la erosión dentinaria del conducto radicular, in vitro. Universidad Privada Antenor Orrego[Internet]; 2016[citado 07/12/2025]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/1840>
21. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. J Endod[Internet]. 2002 Jan[citado 07/12/2025]; 28(1):17-19. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/00004770-200201000-00004>
22. Akcay I, Sen BH. The effect of surfactant addition to EDTA on microhardness of root dentin. J Endod[Internet]. 2012 May[citado 07/12/2025]; 38(5): 704-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.02.004>
23. Cruz-Filho AM da, Paula EA de, Pécora JD, Sousa-Neto MD de. Effect of different EGTA concentrations on dentin microhardness. Braz Dent J [Internet]. 2002[citado 07/12/2025];13(3):188-90. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0103-64402002000300009>
24. Baruwa AO, Martins JNR, Maravic T, Mazzitelli C, Mazzoni A, Ginjeira A. Effect of Endodontic Irrigating Solutions on Radicular Dentine Structure and Matrix Metalloproteinases—A Comprehensive Review. Dent J[Internet]. 2022[citado 07/12/2025]; 10(12): 219. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/dj10120219>
25. Ensinas P, Manghera L, Sapag D, Villarreal M, Figueroa M, Suárez F, et al. Evaluación de los efectos del EDTA sobre el barro dentinario, en la dentina radicular, en distintos períodos de tiempo. Un estudio con microscopía electrónica de barrido. Rev Asoc Odontol Argent[Internet]. 2010 Mar 20[citado 07/12/2025];98(1):73-77. Disponible en: <https://raoa.aoa.org.ar/revistas?roi=981000311>
26. Liñán Fernández M, González Pérez G, Ortiz Villagómez M, Ortiz Villagómez G, Mondragón Báez TD, Guerrero Lara G. Estudio "In vitro" del grado de erosión que provoca el EDTA sobre la dentina del conducto radicular. Rev Odont Mex[Internet].2012[citado 07/12/2025]; 16(1). Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-199X2012000100002

27. Jadhav KR, Joon A, Shetty C, Mustafa M, Bagchi A, Tabasum SR. Assessment of Microhardness on Root Canal Dentin Using Chelating Agents: A Comparative Study. J Pharm Bioall Sci[Internet]. 2025[citado 07/12/2025]. Disponible en: https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_494_25
28. Haralur SB, Al Faifi AH, Al-Qahtani SS. Influence of smear layer treatment on resistance to root fracture in tooth restored with epoxy fiber post. J Indian Prosthodont Soc[Internet]. 2014 Jun[citado 07/12/2025];14(2):156-60. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13191-013-0296-0>
30. Tous Yemail PI, García Ferrer SY, Covo Morales E, Fang Mercado LC. Cambios histomorfométricos en dentina al utilizar biomodificadores radiculares. Revisión sistemática. Univ Odontol [Internet]. 2017 Jul. 28 [citado 07/12/2025]; 36(76). Disponible en: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revUnivOdontologica/article/view/19929>