

Biomateriales utilizados en apexificación: una revisión de alcance

Catherine Andrea Robayo Alba, Dayana Cristina Rodríguez Cogollo

Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Endodoncia

Director

María Alejandra Manosalva

Especialista en Endodoncia

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División Ciencias de la salud

Especialización en endodoncia

2024

Contenido

1. Introducción.....	9
1.1 Planteamiento del problema.....	10
1.2 Justificación.....	12
2. Marco teórico.....	13
2.1 Patología pulpar.....	13
2.2 Apexificación	17
2.3 Biomateriales.....	18
2.3.1 Hidróxido de calcio	19
2.3.2 Biodentina.....	22
2.3.3 Cemento óseo (Surgical Simplex P, Stryker, Australia)	23
2.4 Revisión de alcance	24
3. Objetivos.....	24
3.1 Objetivo general	24
3.2 Objetivos específicos.....	25
4. Materiales y métodos.....	25
4.1 Tipo de estudio	25
4.2 Población.....	25
4.3 Muestra y muestreo	26
4.4 Criterios de selección	26
4.4.1 Criterios de inclusión.....	26
4.4.2 Criterios de exclusión	26
4.5 Variables.....	27
4.6 Instrumento.....	27

4.7 Procedimiento.....	27
4.8 Prueba piloto	28
4.9 Análisis estadístico	28
4.10 Consideraciones éticas	29
5. Resultados.....	29
6. Discusión	35
6.1 Conclusiones	37
6.2 Recomendaciones.....	39
Referencias.....	40
Apéndices.....	46

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Ecuación de búsqueda</i>	26
Tabla 2. <i>Año de publicación</i>	32
Tabla 3. <i>Frecuencia de materiales</i>	32
Tabla 4. <i>Ventajas y desventajas reportadas de los materiales utilizados en los artículos.</i>	33

Lista de figuras

Figura 1. <i>Desarrollo de estructuras de raíz y el periodonto</i>	14
Figura 2. <i>Flujograma para selección de artículos</i>	30
Figura 3. <i>Base de datos</i>	31
Figura 4. <i>Idioma</i>	31

Lista de apéndices

Apéndice A. <i>Cuadro de operacionalización de variables</i>	46
Apéndice B. <i>Instrumento</i>	48
Apéndice C. <i>Plan de análisis estadístico</i>	49

Resumen

Introducción. La caries dental y el trauma dentoalveolar se han considerado un problema de salud pública, debido a su alta incidencia, factores que pueden desencadenar el proceso de necrosis pulpar afectando el desarrollo radicular en dientes jóvenes permanentes, por lo tanto, es de vital importancia realizar un tratamiento que permita estimular el desarrollo de una barrera apical calcificada por medio de biomateriales utilizados en la apexificación. **Objetivo.** Determinar el biomaterial que presente las mejores propiedades para realizar los procedimientos de apexificación reportado en la literatura del 2015 al 2023. **Metodología.** Se realizó una revisión de alcance en bases de datos como Pubmed, Scopus y Google académico recopilando artículos del 2015 al 2023 a cerca de los biomateriales utilizados para la apexificación aplicando criterios de inclusión y exclusión para seleccionarlos. **Resultados.** Se incluyeron cincuenta y tres artículos, de los cuales el 40.5% se refería a la apexificación con tapón de MTA y 31.6% con biodentina. Los estudios demostraron propiedades para todos los biomateriales significantes para definir la biodentina como el biomaterial más adecuado para realizar el procedimiento de apexificación. **Conclusión.** El MTA y el biodentine fueron los biomateriales más estudiados en la literatura exponiendo sus ventajas y desventajas en el tratamiento de apexificación, aunque la biodentina presenta mejores propiedades físicas, de resistencia y de sellado.

Palabras clave: apexificación, biomateriales, MTA, Biodentina

Abstract

Introduction. Dental caries and dentoalveolar trauma have been considered a public health problem due to their high incidence, factors that can trigger the process of pulp necrosis affecting root development in young permanent teeth. Therefore, it is vital to carry out treatment that allows for the stimulation of a calcified apical barrier using biomaterials employed in apexification. **Objective.** To determine which biomaterial presents the best properties for performing apexification procedures as reported in the literature from 2015 to 2023. **Methodology.** A scoping review was conducted using databases such as PubMed, Scopus, and Google Scholar, compiling articles from 2015 to 2023 regarding the biomaterials used for apexification by applying inclusion and exclusion criteria for selection. **Results.** Fifty-three articles were included, of which 40.5% referred to apexification with MTA plugs and 31.6% with Biodentine. The studies demonstrated significant properties for all biomaterials, defining Biodentine as the most suitable biomaterial for the apexification procedure. **Conclusion.** MTA and Biodentine were the most studied biomaterials in the literature, highlighting their advantages and disadvantages in apexification treatment, although Biodentine shows better physical properties, resistance, and sealing ability.

Keywords: apexification, biomaterials, MTA, Biodentine

1. Introducción

La apexificación es el proceso mediante el cual se estimula el selle apical formando una barrera calcificada en el ápice de un diente no vital con formación radicular incompleta y se puede lograr por medio de diferentes biomateriales dentro del conducto radicular (Pereira et al., 2016). La apexificación ha surgido como un tratamiento ideal ante estos casos, estimulando la formación de tejido periradicular que genera un selle apical. mediante el uso de biomateriales específicos se ha logrado que esto sea posible

Los biomateriales se definen como un tipo de sustancia o unión de múltiples sustancias que se pueden adaptar en el sistema biológico, con el fin de mejorar, reemplazar o reparar un tejido o su función en caso de ser requerido (Osorio, et al., 2017, p.1). En la actualidad los biomateriales de uso odontológico se basan en ser biocompatibles con los tejidos que lo rodean, evitando así alterar el medio en el que se encuentran, esperando reproducir una respuesta similar a la que se esperaría diera el organismo ante un agente externo. Sin embargo, debido a que en el mercado se encuentra diversidad de biomateriales para la apexificación es de vital importancia identificar sus propiedades.

Por tal motivo, se hace necesario llevar a cabo la revisión de la literatura con el objetivo de definir las características de las diferentes alternativas en los biomateriales utilizados en tratamientos de apexificación y de esta manera, poder realizar un protocolo de manejo adecuado con el material que presente mejores propiedades físicas, químicas y mecánicas.

En el marco teórico se abordan aspectos relacionados con la anatomía dental, la formación de los dientes y el papel fundamental de la vaina epitelial de Hertwig en la correcta formación radicular, haciendo hincapié en cómo las alteraciones en este proceso pueden provocar defectos estructurales y morfológicos en los dientes.

El texto ofrece una exhaustiva descripción de varios biomateriales empleados en la apexificación odontológica, concentrándose en el hidróxido de calcio, el agregado de trióxido mineral (MTA), la biodentina y el cemento óseo. Cada uno de estos materiales se analiza en términos de sus propiedades, aplicaciones clínicas, así como sus ventajas y desventajas (Obando, et al., 2009).

El hidróxido de calcio presenta capacidad para generar una barrera apical y su naturaleza alcalina con propiedades bactericidas, por otro lado, el MTA presenta propiedades antimicrobianas, biocompatibilidad y su capacidad para promover la formación de tejido perirradicular, igualmente la biodentina, es un material basado en silicato de calcio, se destaca por su resistencia a la flexión y compresión, así como su habilidad para penetrar en los túbulos dentinarios y estimular la mineralización. Se considera una opción prometedora debido a su menor costo y tiempo de fraguado más corto en comparación con el MTA, de igual manera se encuentra el cemento óseo siendo un biomaterial que requiere un tiempo de fraguado corto y una buena resistencia, siendo adecuado para reparaciones endodónticas. Además, muestra una menor citotoxicidad en comparación con el MTA, (Muñoz, et al., 2018).

1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial las afectaciones en tejidos duros y blandos de la cavidad oral se presentan de manera frecuente, evidenciándose que estos traumas dentoalveolares tienen mayor prevalencia en la población más joven (Lam, 2016).

Los traumatismos dentales se han considerado un problema de salud mundial debido a su alta incidencia. Se ha reportado que aproximadamente mil millones de personas a nivel mundial, se han visto afectadas por traumas en algún momento de su vida y que un tercio de estos pacientes

presentaron lesiones pulpares o perirradiculares en dientes con formación radicular incompleta (Panda et al., 2022). Tanto las afectaciones traumáticas como las caries dentales y daños a nivel pulpar pueden desencadenar una necrosis pulpar y su tratamiento en dientes con formación radicular incompleta se considera un gran desafío para el profesional. (Panda et al., 2022)

Se ha reportado una prevalencia de un 17% para necrosis pulpar como consecuencia de diferentes tipos de lesión dental traumática (Singh, et al., 2017), la cual suele presentarse con más frecuencia en edades entre los 7 y 10 años, cuando los dientes aún no alcanzan su formación radicular (Pereira, et al., 2016). Los dientes que se afectan con más frecuencia son los dientes anteriores (Darak et al., 2020).

El tratamiento ideal para dientes necróticos que presentan ápices con formación incompleta es la apexificación, con el objetivo de formar una barrera calcificada a través del ápice abierto.

Actualmente, son escasos los datos de la literatura con relación a resultados clínicos y radiográficos de retención funcional después de realizar el tratamiento de apexificación (Nicoloso et al., 2019). Por esta razón, se deben llevar a cabo más estudios basados en la evidencia.

Son pocos los estudios que se han llevado a cabo donde se ha evidenciado que los biomateriales como el hidróxido de calcio, el MTA, la biodentina y el cemento óseo ofrecen beneficios similares tanto clínicos como radiográficos en la formación de la barrera apical, sin embargo, el MTA se asocia con menor tiempo para llevar a cabo la formación de la barrera apical, por lo que se ha demostrado un alta de éxito a nivel mundial. No obstante, en diferentes estudios Se han mostrado resultados controversiales con relación a la capacidad que presenta el MTA para crear resistencia en las paredes dentinales cuando se ha utilizado en procedimientos endodónticos como barrera apical (Nicoloso, et al., 2019).

Debido a que a la fecha se evidencia relativamente poca información sobre la elección del biomaterial ideal en casos de apexificación y los datos que se han reportado son controversiales, surge la siguiente pregunta: ¿cuál es el biomaterial más utilizado y con mejores propiedades para el tratamiento de apexificación reportado en la literatura del 2015 al 2023?

1.2 Justificación

El desarrollo radicular en dientes jóvenes puede verse afectado por múltiples factores externos e internos del huésped, como lo son, la caries dental avanzada, los traumatismos dentales y movimientos que requieran fuerzas excesivas, provocando así la necrosis de la pulpa dental ((Luzón, et al., 2020).

La necrosis pulpar va a interrumpir la formación radicular completa, lo que genera debilidad en las paredes dentinales, ápices abiertos y, por lo tanto, una proporción corono-raíz inadecuada, por lo que son dientes más susceptibles a las fracturas y posteriormente la pérdida definitiva del diente. Aquí radica la importancia de realizar un tratamiento oportuno y eficaz en dientes inmaduros no vitales (Panda, et al., 2022).

La apexificación es un tratamiento que se ha empleado frecuentemente para los casos de dientes permanentes con necrosis pulpar con ápice inmaduro (Nicoloso, et al., 2019) el cual consiste en estimular el desarrollo de una barrera apical calcificada por medio de biomateriales que deben colocarse dentro del espacio del conducto radicular (Pereira, et al., 2016). la apexificación se ha realizado por mucho tiempo, sin embargo, La pérdida de tejido del diente reduce la resistencia a la fractura frente a fuerzas traumáticas. Por lo tanto, el refuerzo de la dentina radicular frágil en dientes inmaduros es de suma importancia (Darak, et al., 2020).

Esta investigación beneficiara a la comunidad brindando parámetros a seguir por parte del profesional para la aplicación del tratamiento ideal, la elección de un material con las propiedades adecuadas y su biocompatibilidad que brinden un mayor éxito en el tratamiento.

Para la Universidad Santo Tomas traerá un beneficio que les permitirá conocer los diferentes biomateriales existentes en el mercado junto con sus ventajas, desventajas y mecanismos de acción hará que brinde un servicio basado en la evidencia científica a sus pacientes.

El odontólogo endodoncista obtendrá a través de esta investigación un material de sustento para la toma de decisiones, y de este modo brindar calidad y efectividad en sus tratamientos.

En lo personal ampliará nuestro conocimiento lo que nos permitirá mejorar la elección de biomateriales, por otro lado, podremos optar por el título de endodoncistas.

2. Marco teórico

2.1 Patología pulpar

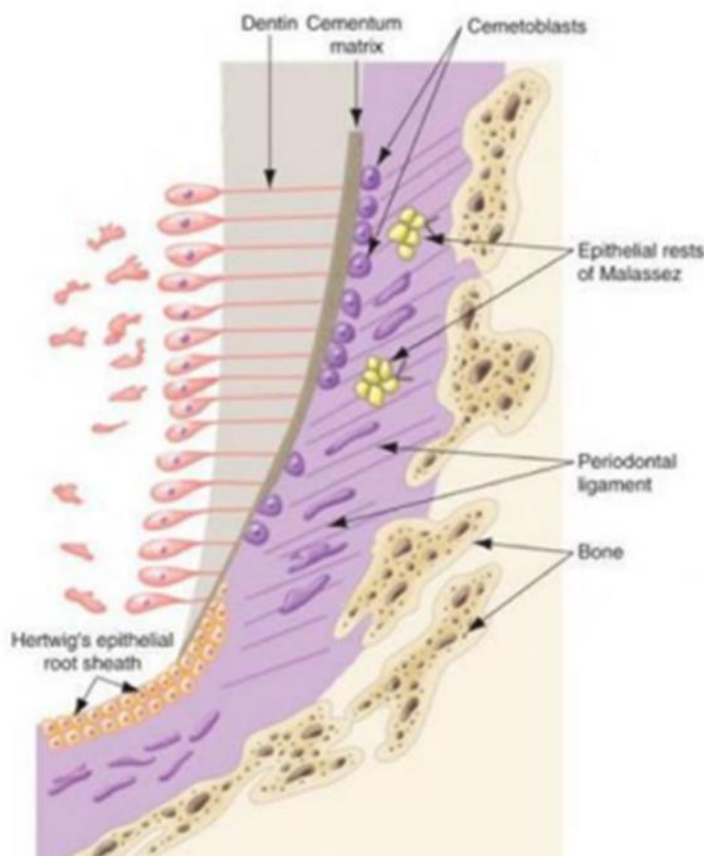
Los dientes representan un papel muy importante en la vida del ser humano, por medio de ellos se logra llevar a cabo con mejor rendimiento funciones del sistema estomatognático como la masticación y fonación. (Li, et al., 2017).

Los dientes anatómicamente se componen principalmente por corona y raíz. Al interior de la corona se encuentra la pulpa dental, altamente vascularizada y a su vez, se encuentra protegida por dentina y esmalte, a nivel radicular se encuentra la pulpa cubierta por dentina y cemento y a su vez rodeada por ligamento periodontal, tejido conectivo fibroso especializado el cual conecta la raíz al hueso alveolar del maxilar, por lo tanto, en el momento que se pierde una raíz dental inicia la pérdida progresiva del hueso alveolar y soporte óseo, dando como resultado alteración en las funciones. La formación de los dientes se lleva a cabo por medio de múltiples interacciones

entre células mesenquimatosas y células epiteliales derivadas de la cresta neural. Finalizando la formación de la corona, inicia la formación radicular. (Li, et al., 2017).

La zona apical del órgano del esmalte se alarga y da origen a la vaina epitelial de Hertwig, estructura epitelial que se ubica entre la papila y folículo dental, esta se va desarrollando en sentido apical y guía la formación radicular estableciendo forma, tamaño y número de raíces que va a presentar cada diente (fig.1). Si durante el proceso de formación se altera la continuidad de la vaina epitelial de Hertwig lleva a defectos en la estructura, morfología, longitud, cantidad (Li, et al., 2017).

Figura 1. *Desarrollo de estructuras de raíz y el periodonto*



Tomado de (Rose, 2004, p. 32)

Cuando la vaina epitelial radicular crece apicalmente, las células de la papila dental y la membrana basal epitelial son estimulados para que logren convertirse en odontoblastos, los cuales van a ser responsables de formar la dentina de la raíz, posteriormente, la formación de una estructura similar a una malla en la vaina epitelial de Hertwig va a permitir que las células del folículo dental estén en contacto con las células de la dentina radicular, las células del folículo dental se van a diferenciar en cementoblastos para que formen cemento (Huang y Chai, 2012).

Entre las alteraciones más comunes que solo afectan la formación radicular se encuentra la interrupción del desarrollo radicular, estas alteraciones frecuentemente se han asociado a trauma que afectan las estructuras neurovasculares y la vaina epitelial de Hertwig (19). desde hace mucho tiempo se han reconocido afectaciones a nivel radicular. Lind, en 1972 introdujo el concepto de “enfermedad de raíces cortas” (Huang y Chai, 2012).

La pulpa dental es tejido conectivo laxo, vascularizado e innervado y tiene funciones formativa, protectora, inductiva, nutritiva y reparadora. No obstante, al encontrarse encerrada, presenta limitaciones en protección frente a daños como caries dental o trauma, que trae como consecuencia muchas veces la pulpectomía (Morotomi, et al., 2019).

La pérdida de la pulpa dental lleva con frecuencia a al debilitamiento y fractura radicular y posteriormente afectación en la calidad de vida del paciente. Con la llegada de los biocerámicos y avances biológicos pulpaes y tratamientos novedosos para la preservación de la pulpa dental como terapias regenerativas y recubrimiento pulpar. Los tratamientos para la pulpa se han clasificado en tres categorías: recubrimiento pulpar directo, tratamiento pulpar para dientes no vitales y amputación pulpar vital (Morotomi, et al., 2019).

La pulpa dental rodeada de dentina recibe nutrientes a través del foramen apical, gracias a esto, mantiene la vitalidad del diente y juega un papel importante para el mantenimiento de los

dientes estructural y fisiológicamente. En los dientes no vitales, la resistencia a los estímulos externos disminuye debido a la pérdida total de la percepción, actividad inmunitaria, y pierden actividad metabólica, por ende, los dientes se vuelven más frágiles. Así mismo, un diente no vital se encuentra inmunocomprometido, volviéndose vulnerable a las infecciones bacterianas y facilitar la evolución de la caries dental (Morotomi, et al., 2019).

En el 2022 la OMS en su informe mundial sobre el estado de la salud bucodental consideró que cerca de 3500 millones de personas en todo el mundo se ven afectadas por las enfermedades bucodentales y que 2000 millones de personas padecen caries en dientes permanentes, mientras que 514 millones de niños sufren de caries en los dientes de leche (OMS, 2022).

La caries dental es considerada una enfermedad que afecta los tejidos dentales, de tal forma que la OMS la ha declarado como un proceso localizado de origen multifactorial que se inicia después de la erupción dentaria, determinando el reblandecimiento del tejido duro del diente y que evoluciona hasta la formación de una cavidad (Consoli, 2021).

Cuando se presentan caries o traumatismos dentales antes de completar el desarrollo y crecimiento total de la raíz puede llevar a la necrosis de la pulpa, esto se convierte en un desafío para el profesional, el crear una constricción apical adecuada pero natural y las paredes delgadas que son propensas a la fractura, es por esto por lo que en la odontología actual se han diseñado múltiples materiales que ayudan al profesional a cumplir con esta tarea (Chawla, 1986). Un tratamiento inadecuado puede llevar a la pérdida prematura de dientes permanentes, alterar la función masticatoria, fonación, estética y crecimiento mandibular, por lo tanto, es de vital importancia llevar a cabo un tratamiento exitoso para mantener estos dientes en boca (Lin, et al., 2016).

Se reporta un 30% de las afectaciones traumáticas en dientes permanentes jóvenes, comúnmente se presentan estas afectaciones antes de culminar la formación radicular entre las edades de 8 y 12 años y con más frecuencia en dientes anterosuperiores. El tratamiento más empleado para estos casos consiste en la apexificación, en el cual se induce una barrera calcificada en la raíz con formación radicular incompleta en los dientes con necrosis pulpar. En 1960 Kaiser y Frank introdujeron el hidróxido de calcio en tratamientos de apexificación (Yadav, et al., 2020). El objetivo principal de la apexificación es inducir el cierre del foramen apical o el desarrollo de una raíz incompleta en los dientes con pulpa con necrosis, ya que la necrosis detiene la formación de dentina creando una barrera artificial con un material biocompatible específico (Tolibah, et al., 2022).

2.2 Apexificación

La endodoncia junto con los biomateriales permite realizar técnicas como la apexificación que durante más de 40 años se han llevado mostrando resultados clínicos muy favorables (Agrafioti, et al., 2017). De este modo se promueve el selle apical antes de culminar el tratamiento endodóntico, con el objetivo de bloquear la zona apical creando una barrera impermeable con un material biocompatible para evitar complicaciones como sobrepaso de material y por lo tanto afectación en tejidos periapicales (Sogukpinar y Arikan, 2020).

El tiempo para la formación de la barrera tisular calcificada varía de 5 a 20 meses, y los factores que pueden influenciar son la edad del paciente, grado de apertura del ápice (estadio de Nolla), medicamento intraconducto y si existe o no lesión periapical (Agrafioti, et al., 2017).

Para ello el avance en la ciencia ha permitido el uso de materiales biocompatibles que ayudan al selle apical en casos de requerir un tratamiento endodóntico convencional en dientes

con formación radicular inmadura o incompleta, como lo son el hidróxido de calcio, el Agregado Trióxido Mineral (MTA), y la biodentina, además existe una variación en el tipo de procedimiento como lo es la revascularización (Agrafioti, et al., 2017).

2.3 Biomateriales

Los biomateriales se definen como materiales destinados a interactuar con sistemas biológicos para evaluar, tratar, aumentar o reemplazar cualquier tejido, órgano o función del cuerpo. Para clasificarse como biomaterial debe proporcionar características ideales. Entre ellas, que sea biocompatible, compatible con otros materiales, que no sufra decoloración ni pigmentación, que contenga resistencia mecánica, resistencia a cambio fisicoquímicos, bioquímicos, y que tengan radiopacidad (Macorra y Complutense, 2020).

Los biocerámicos son materiales cerámicos biocompatibles u óxidos metálicos con capacidad de sellado mejorada, actividad antibacteriana y antimicótica aplicada para uso en medicina y odontología (Llanos y Carazas, 2019).

Se distinguen tres tipos básicos de biocerámicos (Llanos y Carazas, 2019).

- a) Cerámicas bioenergéticas de alta resistencia (alúmina, zirconio y carbono)
- b) Cerámicas bioactivas.
- c) Cerámica biodegradable o reabsorbible: aquel material que provoca una respuesta biológica específica en la interfaz del material, estimulando la regeneración de tejidos vivos, como resultado del vínculo formado entre los tejidos vivos y el material.

En odontología los biocerámicos se han utilizado para corregir defectos óseos, perforaciones, regeneraciones endodónticas y entre sus ventajas se encuentran ser biocompatible, baja toxicidad y estabilidad dimensional ideal para uso endodóntico. Presenta características

similares a la hidroxiapatita y brinda condiciones favorables para el crecimiento interno de los elementos osteogénicos con la capacidad de inducir la regeneración en el organismo. Los materiales biocerámicos han llegado a la endodoncia para cambiar la percepción de esta. Son materiales cerámicos biocompatibles, libres de metal, inorgánicos fabricados mediante calor a altas temperaturas presentan buena capacidad de selle y actividad antibacteriana, presenta la capacidad de reabsorberse y estimula la regeneración de los tejidos (Liu, et al., 2020).

Es importante encontrar un biomaterial ideal en el tratamiento de apexificación que implique un tiempo de fraguado corto, simple manipulación, sin pigmentación y una característica importante que tenga una excelente capacidad regeneradora en la formación radicular (Liu et al., 2020).

2.3.1 Hidróxido de calcio

El hidróxido de calcio es un biomaterial de uso odontológico compuesto por un polvillo obtenido de la calcinación del carbonato cálcico. Cuenta con propiedades como su baja solubilidad en agua, su pH alcalino (aproximadamente de 12.4) brindándole una propiedad bactericida. Es capaz de generar una barrera mecánica de cicatrización apical por medio de la estimulación de la calcificación por un mecanismo de acción que activa los procesos reparativos por activación osteoblástica; al aumentar en pH en los tejidos dentales (Muñoz, et al., 2018).

El uso del hidróxido de calcio se ha convertido en una de las técnicas más utilizadas a la hora del selle apical en ápices de dientes inmaduros que se encuentran con necrosis, algunos autores indican que la aplicación de una sesión puede ser suficiente para alcanzar los efectos deseados, sin embargo, otros difieren en esto, soportando que los reemplazos del hidróxido de

calcio promueven la formación de una barrera tisular calcificada de una forma más acelerada. (Muñoz, et al., 2018).

No obstante, el hidróxido de calcio presenta sus desventajas como son las múltiples visitas que se tienen que realizar, posibles fracturas cervicales y dificultad de control de reinfección. Teniendo en cuenta sus desventajas, con el tiempo se ha buscado la evolución en los biomateriales indicados para llevar a cabo la apexificación con mejor éxito, uno de ellos es el agregado de trióxido mineral (MTA), el cual ha presentado buena capacidad de selle y estimula la regeneración de tejidos y se puede llevar a cabo en una sola visita; a pesar de contar con excelentes propiedades, una de sus desventajas es su difícil manipulación y tiempo prolongado de fraguado (Yadav, et al., 2020).

Las desventajas más importantes que se han presentado con el hidróxido de calcio es que causa una disminución considerable de las propiedades de la dentina expuesta y que las raíces inmaduras pueden llegar a presentar fracturas radicales verticales con facilidad (Jonker y Van der Vyver, 2017).

Agregado de trióxido mineral (MTA)

El Agregado Trióxido Mineral (MTA) es un material que fue descrito por primera vez en un artículo científico dental, pero fue patentado en 1995. Está compuesto principalmente por partículas de silicato tricálcico, aluminato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato férrico tetracálcico, óxido de bismuto, y sulfato de calcio dihidratado (Obando, et al., 2009).

Su mecanismo de acción se basa en la liberación de iones Si y Ca lo cual además de mejorar las propiedades antisépticas, estimula la diferenciación odontoblástica e inhibe la osteoclastogénesis, favoreciendo la curación de los tejidos periapicales. Este material estimula la

formación de tejido duro sin producir inflamación en el área adyacente al ápice de las raíces inmaduras (Nocera, 2022).

Para el MTA La presencia de agua es indispensable puesto se trata de un cemento hidráulico por lo tanto su endurecimiento y alcance de resistencia física, dependerán de esto. Al ser un cemento auto-fraguable el tiempo de fraguado del MTA es aproximadamente 165 minutos (Nocera, 2022).

El MTA ha presentado múltiples características favorables como son la actividad antimicrobiana evitando la filtración de microorganismos, biocompatibilidad, además de estimular formación de tejido perirradicular, presenta un tiempo más corto de fraguado en comparación con el hidróxido de calcio, sin embargo, su desventaja frente al hidróxido de calcio es la falta de fortalecimiento en la dentina y el costo superior (Lin, et al., 2016).

El MTA presenta varias desventajas, como un tiempo corto de fraguado, manipulación difícil al ser de consistencia granulosa y se asocia a la pigmentación de dientes. Durante la manipulación se hace difícil al colocar el MTA en el extremo apical, por lo que puede aumentar el riesgo de microfiltración bacteriana y disminuir las propiedades mecánicas de la barrera apical que se debe crear (Liu, et al., 2020).

Desde que apareció el MTA en la odontología, se ha considerado un gran avance en los materiales dentales y su historia, por ello se ha usado en diferentes procedimientos de endodoncia aprovechando sus beneficios a pesar de sus desventajas ya mencionadas. Entre ellas, es implementado como técnica de sellado creando un tapón apical artificial en dientes con formación radicular incompleta, como material de recubrimiento pulpar directo y en selle de perforaciones en raíces o a nivel de furca (Yadav, et al., 2020).

El uso de MTA en el procedimiento de apexificación se ha considerado una gran opción de tratamiento para los casos donde se presentan dientes con formación radicular incompleta y entre sus ventajas se destaca la reducción de tiempo de consulta en comparación con el hidróxido de calcio. Los espacios que se generan durante el proceso de fraguado del material son los que van a llenar los depósitos de apatita que se encontraron en el MTA y además favorece la resistencia por fricción entre el MTA y las paredes del conducto radicular, por lo tanto, también es buena opción en el sellado de perforaciones del conducto radicular. El MTA es un material biocompatible que ofrece un sellado biológicamente aceptable y baja citotoxicidad. Se ha sugerido que para garantizar resistencia y evitar filtraciones se requiere crear una barrera de aproximadamente 5mm (Jonker y van der Vyver, 2017).

2.3.2 Biodentina

A partir del 2010 llega un nuevo material biocerámico llamado biodentina, el cual se ha demostrado que presenta mayor resistencia a la flexión y compresión en comparación al MTA y menor costo. La biodentina logra penetración en los túbulos dentinarios mejorando sus propiedades mecánicas (Kaur, et al., 2017).

La presentación de la biodentina es en capsula polvo-liquido, el líquido contiene cloruro de calcio, el polímero hidrosoluble actúa como reductor de agua. Se ha encontrado que la biodentina presenta un pH alto y va liberando iones de calcio y silicio, que ayudan a promover la mineralización, por lo tanto, ofrece propiedades de adaptación y sellado superiores al MTA (Kaur, et al., 2017).

La Biodentina es un biomaterial con propiedades similares a la dentina, a base de silicato de calcio que se utiliza en casos de perforaciones dentales y apexificaciones, presenta un tiempo

de fraguado relativamente más corto en comparación con el MTA, facilitando su manipulación (Yadav et al., 2020).

(Ürkmez & Pinar Erdem, 2020) reportaron que el mejor tratamiento en ápices abiertos fue la Biodentine, sin embargo, el MTA a largo plazo también evidenció resultados favorables (Kaur et al., 2017).

La biodentina desencadena una liberación de hidróxido de calcio que cuando entra en contacto con el tejido forma hidroxiapatita, la biodentina ha sido ampliamente utilizada en los procedimientos de apexificación ya que proporcionan gran capacidad de selle, biocompatibilidad, propiedades antimicrobianas y ofrece mejor resistencia a la fractura (Mohite et al., 2022).

Durante el fraguado de Biodentine, la resistencia a la compresión aumenta con el tiempo, alcanzando 300 MPa después de 1 mes, que es comparable a la resistencia a la compresión de la dentina natural (297 MPa) (Darak, et al., 2020).

2.3.3 Cemento óseo (*Surgical Simplex P, Stryker, Australia*)

Es un biomaterial nuevo que se ha introducido recientemente en la odontología. Este hecho a base de polimetilmetacrilato envasado en forma de polvo y líquido mezclado en el momento de la aplicación se usa frecuentemente en cirugías ortopédicas, para fijar prótesis, la estabilización de fracturas vertebrales compresivas o el relleno de defectos óseos. Entre sus ventajas se encuentran que presenta tiempo de fraguado más corto, aproximadamente 8 a 10 minutos, mejor resistencia y buena adaptación marginal, por lo tanto, presenta buenas propiedades para su uso como material de reparación para diversos tratamientos de endodoncia, El cemento óseo presenta una menor citotoxicidad en comparación con el MTA (Darak, et al., 2020).

2.4 Revisión de alcance

Se define como una revisión que identifica de manera rápida los conceptos clave de un tema mediante una revisión exhaustiva de la literatura disponible (Chambergo, et al., 2021)

Las revisiones de alcance buscan ofrecer una visión general del material revisado, sin realizar una evaluación crítica de los estudios individuales ni sintetizar la evidencia de diferentes investigaciones (Pham, et al., 2014).

Las revisiones de alcance son muy valiosas para resumir evidencia de investigación y se utilizan con frecuencia para organizar la literatura existente en un área específica, teniendo en cuenta su naturaleza, características y cantidad. Por lo tanto, a estas revisiones también se les conoce como revisiones de "mapeo". el objetivo es identificar el rango de evidencia disponible (tanto cuantitativa como cualitativa) sobre un tema y representar esta evidencia de forma visual, a través de un mapeo o un gráfico que muestre los datos encontrados, además se puede resumir y compartir los resultados de la investigación para ofrecer sugerencias para investigaciones futuras (Peters et al., 2015).

Los pasos metodológicos propuestos por Arksey y O'Malley incluyen: 1) definir las preguntas de investigación; 2) buscar estudios relevantes; 3) elegir los estudios adecuados; 4) organizar los resultados en tablas; y 5) comparar, resumir y presentar los datos (Chambergo-Michilot, et al., 2021)

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Determinar el material más idóneo en cuanto utilidad y propiedades para realizar la técnica de apexificación según lo reportado en la literatura científica del 2015 al 2023.

3.2 Objetivos específicos

Conocer los biomateriales utilizados para el tratamiento de apexificación reportados en la literatura.

Identificar los artículos que hablen sobre los biomateriales utilizados para el tratamiento de apexificación del 2015 al 2023.

Describir ventajas y desventajas de los biomateriales utilizados para el tratamiento de apexificación del 2015 al 2023 encontrados en la literatura.

4. Materiales y métodos

4.1 Tipo de estudio

Esta investigación se realizó a partir de una revisión de alcance debido a que este tipo de revisiones identifican conceptos claves de un tema de interés a través de una cobertura exhaustiva de la literatura (Chambergo, et al., 2021).

4.2 Población

La población estará constituida por los artículos científicos publicados en las bases de datos electrónicas Pubmed, Science Direct, Scielo, Scopus, donde se evidencien los diferentes materiales utilizados en apexificación.

4.3 Muestra y muestreo

El total de la muestra fueron 53 artículos científicos relacionados con los materiales de apexificación encontrados en el año 2015 al 2023 en las bases de datos electrónicas Pubmed, Science Direct, Scielo y Google académico.

Tabla 1. *Ecuación de búsqueda*

Ecuación de Búsqueda	Base de datos	Número de artículos	Numero de artículos publicados de 2015 a 2023
Biomaterials AND apexification	Science- Direct	210	138
Biomaterials AND apexification	Pub-med	57	32
Biomaterials AND apexification	Scielo	1	1
Biomaterials AND apexification	Google académico	3.200	2.290
	Total	3.468	2.461

4.4 Criterios de selección

4.4.1 Criterios de inclusión

Artículos publicados del año 2015 al 2023

Artículos en inglés y español.

Artículos relacionados con biomateriales utilizados en apexificación.

4.4.2 Criterios de exclusión

Artículos accesibles en bases de datos electrónicas o en forma individual, disponibles en sitios web.

4.5 Variables

Las variables que se van a revisar en este estudio están relacionadas con la identificación del artículo y con la temática de los biomateriales; que se clasificaran según naturaleza en cualitativa y cuantitativa. ver apéndice A.

4.6 Instrumento

El instrumento para esta investigación estará comprendido por un documento en Excel que contiene todas las variables que dan respuesta a todos los objetivos expuestos. Ver apéndice B.

4.7 Procedimiento

A.Fase. Se realizó la búsqueda de los artículos en las bases de datos pub med, sciencedirect, scielo, Google académico, utilizando los términos controlados “Biomaterials and Apexification”, “apexification”.

Considerando las palabras claves encontradas en los listados de los descriptores, se estructuró la ecuación de búsqueda que permitió buscar, recuperar y seleccionar los documentos según las variables establecidas. Dando como resultado la siguiente ecuación de búsqueda “apexification” OR “biomaterials and apexification”

Después se realizó la primera búsqueda en cada base de datos, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión, para seleccionar y reducir la cantidad de registros hasta obtener los necesarios para apoyar el estudio. A continuación, se presenta la evolución y disminución en la cantidad de los registros.

B. Fase 2. Se anexó una ficha técnica a cada artículo con el resumen de sus principales características, aplicándole el instrumento recolector de datos. A partir de las variables establecidas dando respuesta a la pregunta de investigación.

La información recolectada con el instrumento se tabuló en una base de datos Microsoft Excel donde se obtuvo la información de todas las bases de datos consultadas.

4.8 Prueba piloto

La prueba piloto se realizó con el 10% de la muestra total equivalente a 6 artículos encontrados en la base de datos de pubmed, teniendo en cuenta los criterios de búsqueda apexification” OR “biomaterials and apexification”.

Las investigadoras dividieron los artículos y aplicaron de manera simultánea el instrumento establecido con el objetivo de aprobar la aplicación del mismo y en dado caso se llegasen a encontrar errores en el instrumento se corregirán para su aplicación.

En la prueba piloto se encontraron cambios en la ecuación de búsqueda haciéndola específica dando como resultado (Apexification[Title/Abstract] OR Apexifications[Title/Abstract]) AND ("Biocompatible Material"[Title/Abstract] OR Biomaterials[Title/Abstract] OR Biomaterial[Title/Abstract] OR "Bioartificial Materials"[Title/Abstract] OR "Bioartificial Material"[Title/Abstract] OR "Hemocompatible Materials"[Title/Abstract] OR "Hemocompatible Material"[Title/Abstract]).

4.9 Análisis estadístico

Análisis univariado

En la presente investigación se llevará a cabo un análisis estadístico univariado, en el cual para las variables cualitativas se tendrán en cuenta frecuencias y porcentajes y para las variables cuantitativas de medidas de tendencia central (media o mediana) y medidas de tendencia central (desviación estándar y rangos intercuartílicos). Apéndice C.

4.10 Consideraciones éticas

Esta investigación de acuerdo con la resolución 008430 de 1993 establece las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, en su artículo 11 la estipula como una investigación sin riesgo no representa ningún riesgo, pues la información se obtuvo de fuentes secundarias a partir de los artículos revisados. Esta revisión cumple con los parámetros expuestos de la ley 23 de 1982 que protege los derechos de autor y la ley 1520 de 2012 artículo 270 que establece los parámetros de la violación a los derechos morales de autor el cual incurrirá en prisión de treinta y dos (32) a noventa (90) meses y multa de veinte seis puntos sesenta y seis (26.66) a trescientos (300) salarios mínimos legales mensuales vigentes.

5. Resultados

En la presente investigación se aplicó la ecuación de búsqueda (Apexification[Title/Abstract] OR Apexifications[Title/Abstract]) AND ("Biocompatible Material"[Title/Abstract] OR Biomaterials[Title/Abstract] OR Biomaterial[Title/Abstract] OR "Bioartificial Materials"[Title/Abstract] OR "Bioartificial Material"[Title/Abstract] OR "Hemocompatible Materials"[Title/Abstract] OR "Hemocompatible Material"[Title/Abstract]) dando así un total de 56 artículos, se realizó una búsqueda del tema de interés en las bases Pubmed, Scopus y Google académico donde se encontraron un total de 878 los cuales fueron filtrados por

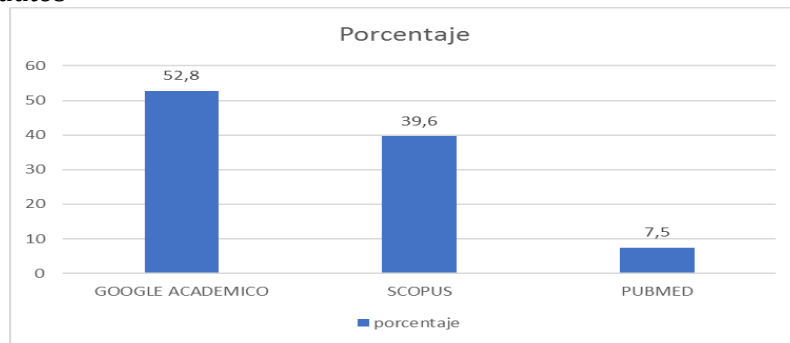
año de publicación tipo de estudio y por artículos repetido para un total de 53 artículos ver figura 3.

El porcentaje de artículos encontrados en la base de datos de Google Académico fue del 52.8%, en Scopus del 39.6% y para Pubmed es del 7.5%.

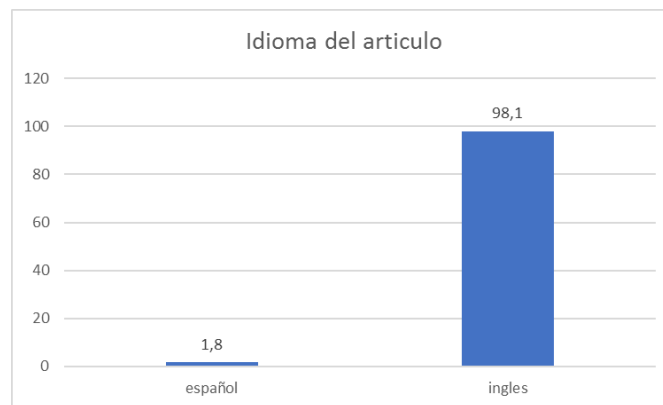
Figura 2. *Flujograma para selección de artículos*

FILTROS	SCOPUS	PUBMED	GOOGLE ACADEMICO	TOTAL
TITULO	148	58	672	878
excluido	98	25	214	337
AÑO	50	33	458	541
excluido	11	24	305	340
TIPO DE ESTUDIO	39	9	77	190
excluido	2	0	49	48
REPETIDOS	37	9	28	77
excluido	18	3	0	17
TEXTO COMPLETO	19	6	28	53

La base de datos con mayor porcentaje en el que se encontraron los artículos fue Google académico con un 52.8%.

Figura 3. Base de datos

El porcentaje de artículos en inglés fue del 98.1 % siendo así el más frecuente.

Figura 4. Idioma

El 66,03% de los artículos encontrados, describieron ser reportes de caso.

Figura 5. Descripción tipo de estudio

El año con mayor publicación de artículos relacionados con el tema de investigación fue el 2020 con 8 artículos publicados, siendo así un porcentaje del 15,09%.

Tabla 2. *Año de publicación*

Año	Cantidad de artículos	Porcentaje
2015	7	13,20
2017	5	9,4
2019	5	9,4
2016	6	11,3
2018	6	11,3
2020	8	15.09
2021	4	7,5
2022	6	11,3
2023	6	11,3
TOTAL	53	

El biomaterial con mayor frecuencia estudiado en los artículos fue el MTA con un porcentaje del 40.5% equivalente a 12 menciones, por otro lado, la biodentina y el hidróxido de calcio representaron un 31.6% y 15.1% respectivamente.

Tabla 3. *Frecuencia de materiales*

Biomaterial	Cantidad	Porcentaje
Hidroxido de calcio	12	15.1%
Mta	32	40.5%
Biodentine	25	31.6%
Iroot	1	1.2%
Metronidazol	1	1.2%
Endosequence	4	5.06%

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas reportadas en los artículos sobre los biomateriales utilizados evaluando tiempo, bioactividad, manipulación y resistencia. Se encontró que el biomaterial con mejores propiedades es la biodentine, Presenta un aumento a la compresión lo que representa una mejor tolerancia fractura de las raíces con un menor tiempo de fraguado a

12 minutos, produce cristales de apatita y liberar elementos dentales que proporciona un entorno apropiado para el crecimiento de osteoblastos y ligamentos periodontales o células PDL siendo resistente a los ácidos puede ser útil en zonas cargadas de infecciones, donde el valor del pH disminuye.

Tabla 4. *Ventajas y desventajas reportadas de los materiales utilizados en los artículos.*

Hidróxido de calcio	
Ventajas	Desventajas
Biocompatibilidad: Es bien tolerado por los tejidos dentales y provoca una mínima reacción inflamatoria. Propiedades antibacterianas: Tiene efectos antimicrobianos que ayudan a eliminar bacterias en el conducto radicular. Estimulador de la formación de tejido: Promueve la formación de dentina reparativa. Facilidad de uso: Se aplica fácilmente en tratamientos endodónticos y como material de obturación temporal. Alcalinidad: Su ph elevado ayuda a neutralizar el ambiente ácido y favorece la cicatrización.	Solubilidad: Puede ser soluble en ambientes húmedos, lo que podría comprometer su eficacia a largo plazo. Fractura: Puede ser frágil y no proporcionar una resistencia adecuada en algunos casos. Desgaste: Puede perder propiedades con el tiempo, lo que puede afectar su funcionalidad. Limitaciones en sellado: No siempre proporciona un sellado hermético, lo que puede permitir la reinfección. Coloración: Puede manchar el diente si se filtra al exterior.
MTA	
Ventajas	Desventajas
Biocompatibilidad: Es altamente biocompatible y provoca mínima inflamación en los tejidos. Propiedades selladoras: Ofrece un excelente sellado, reduciendo la posibilidad de filtración y reinfección. Estimulación de la formación de tejido: Promueve la formación de dentina reparativa y puede inducir la mineralización. Resistencia a la compresión: Tiene una alta resistencia mecánica, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en áreas de carga. Propiedades antibacterianas: Ayuda a reducir la carga bacteriana en el conducto radicular.	Tiempo de fraguado: Puede tener un tiempo de fraguado más prolongado, lo que puede ser inconveniente en algunos casos. Costo: Es más costoso que otros materiales de obturación, lo que puede ser una limitación en ciertas prácticas. Dificultades de manipulación: Puede ser difícil de mezclar y aplicar, especialmente para clínicos sin experiencia. Coloración: Puede manchar el diente si se filtra al exterior, afectando la estética dental.
Biodentine	
Ventajas	Desventajas
Biocompatibilidad: es altamente biocompatible, promoviendo una buena respuesta tisular. Propiedades de sellado: ofrece un excelente sellado, minimizando la filtración y el riesgo de reinfección.	Costo: Puede ser más costoso que otros materiales convencionales de obturación. Solubilidad: Puede presentar cierta solubilidad en ambientes húmedos, lo que podría comprometer su eficacia a largo plazo.

Rapidez de fraguado: tiene un tiempo de fraguado más corto en comparación con otros materiales como el mta.	Manipulación: Su mezcla y aplicación pueden requerir cierta destreza, especialmente para clínicos menos experimentados.
Alta resistencia: posee buena resistencia mecánica, lo que lo hace adecuado para cargas en áreas de alta presión.	Dificultad en la coloración: Aunque es menos propenso a manchar que el MTA, aún puede haber problemas de coloración en algunos casos.
Estímulo de la formación de tejido: favorece la formación de dentina reparativa y la mineralización.	Sensibilidad a la humedad: Debe ser protegido de la humedad antes de fraguarse para mantener su eficacia.

Iroot

Ventajas	Desventajas
Biocompatibilidad: Es altamente biocompatible, lo que minimiza la inflamación y reacciones adversas en los tejidos.	Curado prolongado: Puede requerir un tiempo de curado más largo en comparación con otros materiales.
Propiedades antimicrobianas: Ayuda a reducir la carga bacteriana en el conducto radicular.	Costo: Suele ser más costoso que otros materiales de obturación.
Buena adhesión: Ofrece un buen sellado, lo que reduce la posibilidad de filtración.	Sensibilidad al agua: Su efectividad puede verse afectada si se expone a humedad antes de curar completamente.
Estímulo de la regeneración: Promueve la formación de tejido reparativo y la mineralización.	Dificultad en la manipulación: Puede ser más difícil de trabajar para algunos clínicos debido a su viscosidad y propiedades de fraguado.
Resistencia a la compresión: Tiene una alta resistencia a la compresión, lo que lo hace adecuado para soportar cargas en áreas de alta presión.	Variabilidad en el manejo clínico: La experiencia del operador puede influir en los resultados clínicos.
La característica alcalina de iroot FS puede contribuir a los efectos antibacterianos del material en los conductos radiculares	

Metronidazol

Ventajas	Desventajas
A los 12 meses de seguimiento que muestra resolución de la radiolucidez apical y formación de raíces limitada	A los 12 meses. Seguimiento que muestra una ligera decoloración grisácea de la corona
eficacia antibacteriana: el metronidazol es especialmente efectivo contra bacterias anaerobias, lo que ayuda a reducir la infección en el conducto radicular antes de proceder con la apexificación.	Resistencia Bacteriana: El uso excesivo o inadecuado puede contribuir a la resistencia de las bacterias, lo que podría limitar la efectividad en tratamientos futuros.
Promoción de cicatrización: su aplicación puede contribuir a la reducción de la inflamación y promover un ambiente favorable para la regeneración del tejido.	Efectos Secundarios: Algunos pacientes pueden experimentar efectos adversos, como náuseas o reacciones alérgicas.
Facilidad de aplicación: puede ser utilizado en forma de pasta junto con otros materiales, como el hidróxido de calcio, durante el tratamiento de conductos radiculares.	Limitaciones en Especies Bacterianas: Aunque es eficaz contra muchas bacterias anaerobias, no actúa contra todas las especies bacterianas que pueden estar presentes en infecciones endodónticas.

Endosequense

Ventajas	Desventajas
Excelentes características de sellado y manipulación. mínimamente invasivo, altamente radiopaco e hidrofílico forma hidroxiapatita a través de la unión química de la dentina con los puntos biocerámicos	Dificultad de aplicación de los agentes adhesivos en el tercio medio y apical para recibir el sellador de ionómero de vidrio. Son sensibles a la humedad. Además, en caso de retratamiento la remoción es difícil.
Biocompatibilidad: Es altamente biocompatible, lo que minimiza la inflamación y promueve una buena respuesta tisular.	Costo: Puede ser más costoso que otros materiales de obturación tradicionales.
	Curado prolongado: Aunque no tan largo como otros, el tiempo de curado puede ser más

Propiedades selladoras: Ofrece un excelente sellado, lo que reduce el riesgo de filtración y reinfección en el conducto radicular.	prolongado que el de algunos materiales alternativos.
Fácil manipulación: Su formato y características lo hacen relativamente fácil de mezclar y aplicar.	Sensibilidad a la humedad: Debe manejarse con cuidado para evitar la exposición a la humedad antes del curado completo.
Baja solubilidad: Tiene buena estabilidad en medios húmedos, lo que ayuda a mantener su efectividad a largo plazo.	Coloración: Puede presentar problemas de coloración en ciertos casos si se filtra al exterior.
Resistencia a la compresión: Posee una alta resistencia mecánica, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en áreas de carga.	Variabilidad en el manejo clínico: La efectividad puede depender de la habilidad del operador y la técnica utilizada.

6. Discusión

Para cumplir el propósito de conocer los biomateriales utilizados para el tratamiento de apexificación reportados en la literatura se identificaron los artículos que reportaban los biomateriales utilizados para el tratamiento de apexificación del 2015 al 2023.

Agrafioti et al., 2017 en su estudio “Análisis de estudios clínicos relacionados con las técnicas de apexificación” encontró que el hidróxido de calcio en contacto prolongado de la dentina radicular posiblemente afecta sus propiedades biomecánicas siendo así una limitante para su uso en la apexificación mientras que el MTA tiene las principales ventajas de inducir una barrera de tejido duro en contacto con su superficie dental, esto es similar a lo encontrado en la revisión de los artículos en donde expone que el hidróxido de calcio en contacto con la humedad de los tejidos perirradiculares podría comprometer su eficacia a largo plazo.

De igual forma el hidróxido de calcio presenta largo tiempo para la formación de la barrera apical y requiere de múltiples visitas para realizar el tratamiento, por lo tanto, representa una gran desventaja en comparación a otros biomateriales como lo reporta (Barzuna, 2018). En este estudio se encontró que la biodentina presentó mejores propiedades físico-mecánicas en comparación al MTA lo que es consecuente con lo encontrado en este estudio en donde se encontró que la

Biodentine tiene un tiempo de fraguado más corto en comparación con otros materiales como el MTA.

Sin embargo, (Kim, et al., 2015 y) en su estudio “Características interfaciales de Biodentine y MTA con dentina en fluido corporal simulado” reportan que existe una formación de una capa interfacial de 14.5 μm cuando se utiliza el MTA en comparación con la biodentina que presenta un espesor 4.8 μm observándose fosfato de calcio amorfo (ACP) en la interfaz junto con la superficie de la dentina, por el contrario, no se encontró suficiente información acerca de esta variante en los artículos estudiados.

Abulhamae en el 2020 en su estudio “Combinación de revascularización y apexificación en el tratamiento de un diente avulsionado: un reporte de caso” reporta que la apexificación del MTA no requiere regímenes de tratamiento prolongados, tiene un excelente sellado y mejores propiedades antibacterianas, lo contrario al estudio de Pradeep K en el 2018 : “Biodentina: nuevo material endodóntico para la apexificación en un solo paso: un caso clínico” donde reporta que el largo tiempo de fraguado del MTA es un problema importante del material, difícil manipulación, y presenta el potencial de decoloración.

(Thakur, 2024) en su estudio reporta que la Biodentina es un cemento de calcio bioactivo y biocompatible que muestra un gran potencial en la regeneración de tejidos dentales, lo que es similar a lo encontrado en Fonseca 2019 en su estudio Biodentine y MTA modulan la respuesta inmunoinflamatoria favoreciendo la formación ósea en el sellado de perforaciones de furca en molares de rata, en donde se reportó que existía una mayor cantidad de osteoblastos en los grupos

de Biodentine y MTA, siendo estas células responsables del desarrollo del hueso implican un resultado relevante para su uso en la apexificación.

En los artículos estudiados se encontró que la Biodentina presentaba mayor dureza en comparación con el MTA y el hidróxido de calcio lo que es semejante a Kaup et al., 2015 en donde reportó en su estudio un estudio invitro de diferentes propiedades materiales de Biodentine en comparación con Proroot MTA, que la Biodentina presentaba mayor microdureza según la prueba Vickers en comparación con el ProRoot MTA (26.93 ± 4.66 HV),

El no encontrar los artículos en texto completo representó una limitación en el estudio mientras que, por otro lado, se encontró la información necesaria para cumplir con los objetivos propuestos siendo útil para dar una base para la guía y construcción de un protocolo sobre apexificación en un futuro, esta investigación ayudará a establecer parámetros para tratamientos en dientes jóvenes, mejorando la elección de biomateriales, ya que es importante realizar tratamientos oportunos y eficaces en dientes inmaduros no vitales.

6.1 Conclusiones

Se concluyó que la base de datos con mayor publicación relacionada con el tema de investigación fue con un porcentaje del 52.8%, % en Google Académico

El idioma en el que se realizaron mayores estudios sobre biomateriales en apexificación fue inglés con un 98.1 %.

El año donde se presentaron mayores publicaciones relacionadas con el tema fue en el 2020 Con un porcentaje del 15,09 %.

Se determinó que los biomateriales reportados del 2015 al 2023 en la literatura para realizar la apexificación son Hidróxido de calcio, Iroot, MTA, Biodentine, Endosequence y Metronidazol.

El MTA y el Biodentine fueron los biomateriales más estudiados en la literatura exponiendo sus ventajas y desventajas en el tratamiento de apexificación.

Hidróxido de calcio presenta ventajas en su biocompatibilidad, propiedades antibacterianas, estimulación de formación de tejido, facilidad de uso y alcalinidad, pero con desventajas como su solubilidad, poca resistencia a la fractura, limitaciones en el sellado y coloración.

Iroot presenta ventajas en su biocompatibilidad, propiedades antibacterianas, buena adhesión y estimulación de formación de tejido, pero con desventajas como su curado prolongado, solubilidad en agua, dificultad en manipulación. solubilidad, poca resistencia a la fractura, limitaciones en el sellado y coloración.

Mta presenta ventajas en su biocompatibilidad, propiedades selladoras y estimulación de formación de tejido, alta resistencia a la compresión, pero con desventajas en tiempo de fraguado, costo elevado, dificultad de manipulación, coloración

Biodentine presenta ventajas en su biocompatibilidad, propiedades selladoras, rapidez en el fraguado, estimulación de formación de tejido, alta resistencia a la compresión, pero con desventajas en su costo, solubilidad, manipulación.

Endosquence presenta ventajas en su biocompatibilidad, propiedades selladoras, baja solubilidad, alta resistencia a la compresión, pero con desventajas en el costo, curado prolongado, sensibilidad a la humedad, coloración.

Metronidazol presenta ventajas en su eficacia antibacteriana, promoción de aplicación, pero con desventajas en resistencia bacteriana, efectos secundarios y limitaciones bacterianas.

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas reportadas se concluyó que la Biodentine es el material de elección para realizar la apexificación teniendo en cuenta su biocompatibilidad, resistencia, tiempo de fraguado y capacidad de formar cristales reparadores de apatita.

6.2 Recomendaciones

Se sugiere en futuros trabajos realizar investigación de tipo longitudinal en donde se evalúe pruebas de casos para evaluar la capacidad de selle de los biomateriales en endodoncia en dientes reales que permitan tener un seguimiento a lo largo del tiempo para determinar un éxito.

Dado a que se encontró poca información de resultados longitudinal a través el tiempo referente a la reabsorción del biomaterial a lo largo de los años, se sugiere realizar un estudio que evalúe los biomateriales en un control de 2 a 5 años.

Es importante realizar un estudio que amplíe el conocimiento sobre los materiales requerido para realizar una apexificación y de esta forma se pueda crear un protocolo completo sobre la técnica. Sobre la técnica en general

Se espera que los resultados obtenidos en este trabajo orienten a la institución a implementar un protocolo para realizar de manera adecuada la apexificación. Para la Universidad Santo Tomás, permitirá ofrecer un servicio basado en evidencia, asegurando calidad y efectividad en los tratamientos endodónticos

Referencias

- Agrafioti, A., Giannakoulas, D. G., Filippatos, C. G., & Kontakiotis, E. G. (2017a). Analysis of clinical studies related to apexification techniques. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 18(4), 273–284. <https://doi.org/10.23804/ejpd.2017.18.04.03>
- Agrafioti, A., Giannakoulas, D. G., Filippatos, C. G., & Kontakiotis, E. G. (2017b). Analysis of clinical studies related to apexification techniques. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 18(4), 273–284. <https://doi.org/10.23804/ejpd.2017.18.04.03>
- Barzuna (Ed.). (2018). *Tapón apical con biocerámicos: tratamiento del ápice abierto en una cita*.
- Carlos De La Macorra, J., & Complutense De Madrid, U. (2020). *Manual de Biomateriales Odontológicos 2020 Introducción Manual de Biomateriales Odontológicos*.
- Chambergo-Michilot, D., Diaz-Barrera, M. E., & Benites-Zapata, V. A. (2021). Revisiones de alcance, revisiones paraguas y síntesis enfocada en revisión de mapas: aspectos metodológicos y aplicaciones. In *Revista peruana de medicina experimental y salud publica* (Vol. 38, Issue 1, pp. 136–142). NLM (Medline). <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2021.381.6501>
- Chawla, H. S. (1986). Apical closure in a nonvital permanent tooth using one Ca(OH)₂ dressing. *ASDC Journal of Dentistry for Children*, 53(1), 44–47.
- Consoli Lizzi EP. (2021). *Apexification Technique with a Bioactive Dentine Substitute in a Single Session. Clinical Case*.
- Darak, P., Likhitkar, M., Goenka, S., Kumar, A., Madale, P., & Kelode, A. (2020a). Comparative evaluation of fracture resistance of simulated immature teeth and its effect on single visit apexification versus complete obturation using MTA and biodentine. *Journal of Family*

- Medicine and Primary Care*, 9(4), 2011–2015.
https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_1145_19
- Darak, P., Likhitar, M., Goenka, S., Kumar, A., Madale, P., & Kelode, A. (2020b). Comparative evaluation of fracture resistance of simulated immature teeth and its effect on single visit apexification versus complete obturation using MTA and biodentine. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 9(4), 2011–2015.
https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_1145_19
- Huang, X.-F., & Chai, Y. (2012). Molecular regulatory mechanism of tooth root development. *International Journal of Oral Science*, 4(4), 177–181. <https://doi.org/10.1038/ijos.2012.61>
- Jonker, C., & van der Vyver, P. (2017). Apexification of immature teeth using an apical matrix and MTA barrier material: Report of two cases. *South African Dental Journal*, 72(9).
<https://doi.org/10.17159/2519-0105/2017/v72no9a3>
- Kaup, M., Schäfer, E., & Dammaschke, T. (2015). An in vitro study of different material properties of Biodentine compared to ProRoot MTA. *Head and Face Medicine*, 11(1).
<https://doi.org/10.1186/s13005-015-0074-9>
- Kaur, M., Singh, H., Dhillon, J. S., Batra, M., & Saini, M. (2017). MTA versus Biodentine: Review of Literature with a Comparative Analysis. *Journal of Clinical and Diagnostic Research : JCDR*, 11(8), ZG01–ZG05. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/25840.10374>
- Kim, J. R., Nosrat, A., & Fouad, A. F. (2015). Interfacial characteristics of Biodentine and MTA with dentine in simulated body fluid. *Journal of Dentistry*, 43(2), 241–247.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.11.004>
- Lam, R. (2016). Epidemiology and outcomes of traumatic dental injuries: A review of the literature. *Australian Dental Journal*, 61, 4–20. <https://doi.org/10.1111/adj.12395>

- Li, J., Parada, C., & Chai, Y. (2017). Cellular and molecular mechanisms of tooth root development. *Development (Cambridge, England)*, 144(3), 374–384. <https://doi.org/10.1242/dev.137216>
- Lin, J.-C., Lu, J.-X., Zeng, Q., Zhao, W., Li, W.-Q., & Ling, J.-Q. (2016). Comparison of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide for apexification of immature permanent teeth: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the Formosan Medical Association = Taiwan Yi Zhi*, 115(7), 523–530. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2016.01.010>
- Liu, Y., Liu, X. M., Bi, J., Yu, S., Yang, N., Song, B., & Chen, X. (2020). Cell migration and osteo/odontogenesis stimulation of iRoot FS as a potential apical barrier material in apexification. *International Endodontic Journal*, 53(4), 467–477. <https://doi.org/10.1111/iej.13237>
- Llanos-Carazas, M. (2019). Evolution of bioceramic cements in endodontics. *Conocimiento Para El Desarrollo*, 10(1), 151–162. <https://doi.org/10.17268/cpd.2019.01.24>
- Luzón Caigua, K. L., Sánchez Robles, B. A., González Eras, S. P., & Gahona Carrión, D. I. (2020). Apicoformación en dientes necróticos. *RECIMUNDO*, 4(4), 134–143. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(4\).octubre.2020.134-143](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(4).octubre.2020.134-143)
- Mohite, P., Ramteke, A. D., Gupta, R., Patil, S., & Gupta, D. (2022). Comparative evaluation of mineral trioxide aggregate and biodentine apical plug thickness on fracture resistance of immature teeth: An In vitro study. *Annals of African Medicine*, 21(3), 198–203. https://doi.org/10.4103/aam.aam_97_20
- Morotomi, T., Washio, A., & Kitamura, C. (2019). Current and future options for dental pulp therapy. *The Japanese Dental Science Review*, 55(1), 5–11. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2018.09.001>

- Muñoz-Cruzatty, J. P., Arteaga-Espinoza, S. X., & Alvarado-Solórzano, A. M. (2018). *Observaciones acerca del uso del hidróxido de calcio en la endodoncia Observations about the use of calcium hydroxide in endodontics Observações sobre o uso de hidróxido de cálcio na endodontia*. 4, 352–361. <https://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.4.1.enero.352-361>
- Nicoloso, G. F., Goldenfum, G. M., Dal Pizzol, T. D. S., Scarparo, R. K., Montagner, F., De Almeida Rodrigues, J., & Casagrande, L. (2019). Pulp revascularization or apexification for the treatment of immature necrotic permanent teeth: Systematic review and meta-analysis. In *Journal of Clinical Pediatric Dentistry* (Vol. 43, Issue 5, pp. 305–313). Journal of Clinical Pediatric Dentistry. <https://doi.org/10.17796/1053-4625-43.5.1>
- Nocera, F. (2022). *ACTUALIZACIÓN DEL USO DEL MTA EN ENDODONCIA*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32518.86085>
- Obando-Pereda, G. A., Torres-Chávez, K. E., Salas-Beltrán, H., & Hofling, J. F. (2009). Análisis de la composición química, capacidad de sellado apical y propiedades antimicrobianas del MTA y del cemento Portland. In *Artículo Investigación Endodoncia* (Vol. 27, Issue 3).
- Obando-Pereda, G., Torres-Chavez, K., Salas-Beltrán, H., & Höfling, J. F. (2009). *Análisis de la composición química, capacidad de sellado apical y propiedades antimicrobianas del MTA y del cemento Portland*. <https://www.researchgate.net/publication/276848991>
- OMS. (2022). *global oral health status report*. <http://apps.who.int/bookorders>.
- Osorio-Delgado, M. A., Henao-Tamayo, L. J., Velásquez-Cock, J. A., Cañas-Gutierrez, A. I., Restrepo-Múnera, L. M., Gañán-Rojo, P. F., Zuluaga-Gallego, R. O., Ortiz-Trujillo, I. C., & Castro-Herazo, C. I. (2017). Aplicaciones biomédicas de biomateriales poliméricos. *DYNA (Colombia)*, 84(201), 241–252. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n201.60466>

- Panda, P., Mishra, L., Govind, S., Panda, S., & Lapinska, B. (2022). Clinical Outcome and Comparison of Regenerative and Apexification Intervention in Young Immature Necrotic Teeth—A Systematic Review and Meta-Analysis. In *Journal of Clinical Medicine* (Vol. 11, Issue 13). MDPI. <https://doi.org/10.3390/jcm11133909>
- Pereira, A. C., Rodrigo, D., Morante¹, H., Correia, A. C., De Cerqueira Neto^{1a}, L., Nagata², J. Y., Farias, T., Lima³, R., De, A., & Soares¹, J. (2016). Artículo Revisión / Article Review Rev Estomatol Herediana. In *Octubre-Dic* (Vol. 26, Issue 4).
- Peters, M. D. J., Godfrey, C. M., Khalil, H., McInerney, P., Parker, D., & Soares, C. B. (2015). Guidance for conducting systematic scoping reviews. *International Journal of Evidence-Based Healthcare*, 13(3), 141–146. <https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000050>
- Pham, M. T., Rajić, A., Greig, J. D., Sargeant, J. M., Papadopoulos, A., & Mcewen, S. A. (2014). A scoping review of scoping reviews: Advancing the approach and enhancing the consistency. *Research Synthesis Methods*, 5(4), 371–385. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1123>
- Singh, R. K., Shakya, V. K., Khanna, R., Singh, B. P., Jindal, G., Kirubakaran, R., & Sequeira-Byron, P. (2017). Interventions for managing immature permanent teeth with necrotic pulps. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2017(6). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012709>
- Sogukpinar, A., & Arikan, V. (2020). Comparative evaluation of four endodontic biomaterials and calcium hydroxide regarding their effect on fracture resistance of simulated immature teeth. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 21(1), 23–28. <https://doi.org/10.23804/ejpd.2020.21.01.05>

- Thakur, V. (2024). Modified single-step apexification and strengthening of thin dentinal walls with Biodentine. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 27(2), 214–218.
https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_239_23
- Tolibah, Y. A., Kouchaji, C., Lazkani, T., Ahmad, I. A., & Baghdadi, Z. D. (2022). Comparison of MTA versus Biodentine in Apexification Procedure for Nonvital Immature First Permanent Molars: A Randomized Clinical Trial. *Children (Basel, Switzerland)*, 9(3).
<https://doi.org/10.3390/children9030410>
- Ürkmez, E. Ş., & Pinar Erdem, A. (2020). Bioactivity evaluation of calcium silicate-based endodontic materials used for apexification. *Australian Endodontic Journal*, 46(1), 60–67.
<https://doi.org/10.1111/aej.12367>
- Yadav, A., Chak, R. K., & Khanna, R. (2020). Comparative Evaluation of Mineral Trioxide Aggregate, Biodentine, and Calcium Phosphate Cement in Single Visit Apexification Procedure for Nonvital Immature Permanent Teeth: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 13(Suppl 1), S1–S13.
<https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1830>

Apéndices

Apéndice A. Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Naturaleza	Escala de medición	Valor que asume
Base de datos	Conjunto de datos relacionados que se almacenan de forma que se pueda acceder a ellos de manera sencilla, con la posibilidad de relacionarlos, ordenarlos en base a diferentes criterios, etc. Las bases de datos son uno de los grupos de aplicaciones de productividad personal más extendidos	Lugar donde se obtuvo los artículos seleccionados	Cualitativa	Nominal	sciencedirect (1) Pubmed (2) Google academico (3) Scielo (4)
Título	Del latín titulus, un título es un término o una expresión que comunica la denominación o la temática de una obra, ya sea un libro, un disco, una película, etc.	Nombre dado por los autores al estudio a evaluar	Cualitativa	Nominal	Respuesta abierta
Año	Un año es un período de doce meses que comienza el día 1 de enero y finaliza el 31 de diciembre. El término, procedente del latín annus, también se utiliza como una unidad de tiempo, para medir la misma cantidad de meses a partir un día cualquiera.	Momento en el que fue publicado el artículo	cuantitativa	Nominal	2015 (1) 2016 (2) 2017 (3) 2018 (4) 2019 (5) 2020 (6) 2021 (7) 2022 (8) 2023 (9)
Idioma	Sistema de signos que utiliza una comunidad para comunicarse oralmente o por escrito.	Idioma en el que fue escrito el artículo publicado	Cualitativa	Nominal	Ingles (1) Español (2)
Numero de autores	Persona que hace una cosa o es causa determinante de ella.	Cantidad de integrantes del artículo publicado	cuantitativa	Nominal	Respuesta abierta
Nombre del primer autor	Persona que hace una cosa o es causa determinante de ella.	Nombre del primer integrante que aparece en el artículo	Cualitativa	Nominal	Respuesta abierta
Tipo de estudio	Conjunto de técnicas y procedimientos que intervienen en la creación del conocimiento y la constatación de teorías científicas.		Cualitativa	Nominal	Reporte de caso (1) Comparativos (2) Invitro (3) Invivo (4)

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Naturaleza	Escala de medición	Valor que asume
					Ensayo clinico (5)
Objetivo	Los objetivos definen el resultado futuro que ha de alcanzarse. Cada uno de los objetivos contribuye a la consecución de la declaración de intenciones.	Resultados que esperan obtener realizando la investigación	Cualitativa	Nominal	
Materiales utilizados	del latín materiālis, puede interpretarse como aquello relativo a la materia, a aquello perceptible y físico. el nombre con el cual se conoce a los elementos útiles para construir un objeto o un elemento	Elemento evaluado en el artículo publicado	Cualitativa	Nominal	Mta (1) Biodentin (2) Hidroxido de calcio (3) Endosequence (4)
Ventajas	Circunstancia o condición a favor.	Condición que mejora el resultado	Cualitativa	Nominal	Respuesta abierta
Desventajas	Situación menos favorable en que se halla una persona o cosa respecto a otras con las que se compara.	Efecto negativo en el sistema a la hora de emplearlo	Cualitativa	Nominal	Respuesta abierta
Resultados relevantes	Un resultado es el efecto, consecuencia o conclusión de una acción, proceso, cálculo u otra cosa	Resultados obtenidos con el estudio que tienen significancia estadística	Cualitativa	Nominal	Respuesta abierta

Apéndice B. Instrumento

Biomateriales utilizados en apexificación: una revisión de alcance	
Código del artículo:	
Base de datos	sciencedirect (1) Pubmed (2) Google academico (3) Scielo (4)
Título	
Año	2015 (1) 2016 (2) 2017 (3) 2018 (4) 2019 (5) 2020 (6) 2021 (7) 2022 (8) 2023 (9)
Idioma	Inglés (1) Español (2)
Numero de autores	
Nombre del primer autor	
Tipo de estudio	Reporte de caso (1) Comparativos (2) Invitro (3) Invivo (4) Ensayo clinico (5)
Objetivo	
Materiales utilizados	Mta (1) Biodentin (2) Hidroxido de calcio (3) Endosequence (4)
Ventajas	
Desventajas	
Resultados relevantes	

Apéndice C. Plan de análisis estadístico

Variable	Naturaleza	Reporte / operaciones
Base de datos	Cualitativa	Frecuencias absolutas ()
Título		Porcentajes (%)
año		
idioma		
Nombre del primer autor		
Tipo de estudio		
objetivo		
materiales utilizados		
ventajas		
desventajas		
Resultados relevantes	Cuantitativa	
Numero de autores		Medidas de tendencia (moda, media, mediana)
		Medidas de dispersión (SD o rango intercuantílico)