



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE ODONTOLOGÍA

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Odontóloga

TEMA:

**“TRATAMIENTOS DE DIENTES PERMANENTES INMADUROS CON
FORMACIÓN RADICULAR INCOMPLETA”**

Autora: Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin

Tutor: Dr. Albán Hurtado Carlos Alberto

Riobamba – Ecuador

2021

AUTORÍA

Yo, Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin, portadora de la cedula de ciudadanía número 0201986072, por medio del presente documento certifico que el contenido de este proyecto de investigación es de mi autoría, por lo que eximo expresamente a la Universidad Nacional de Chimborazo y a sus representantes jurídicos de posibles acciones legales por el contenido de esta. De igual manera, autorizo a la Universidad Nacional de Chimborazo para que realice la digitalización y difusión pública de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.



.....
Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin

C.I. 0201986072

ESTUDIANTE UNACH

CERTIFICADO DEL TUTOR

El suscrito docente-tutor de la Carrera de Odontología, de la Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad Nacional de Chimborazo, Dr. Albán Hurtado Carlos Alberto CERTIFICA, que la señorita Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin con C.I: 0201986072, se encuentra apta para la presentación del proyecto de investigación: “Tratamientos de dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta.” y para que conste a los efectos oportunos, expido el presente certificado, a petición de la persona interesada, el 07 de septiembre en la ciudad de Riobamba en el año 2021.

Atentamente,



Dr. Alban Hurtado Carlos Alberto

DOCENTE – TUTOR DE LA CARRERA DE ODONTOLOGÍA

PÁGINA DE REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de sustentación del proyecto de investigación de título: “Tratamientos de dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta”, presentado por Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin y dirigida por el Dr. Albán Hurtado Carlos Alberto, una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación, escrito en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Salud de la UNACH; para constancia de lo expuesto firman:

A los 07 días del mes de septiembre del año 2021

Dra. Silvia Vallejo Lara

Presidente del Tribunal



Firma

Dra. Tania Jacqueline Murillo Pulgar

Miembro del Tribunal



Firma

Dra. Verónica Guamán Hernández

Miembro del Tribunal



Firma



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO CID
Ext. 1133

Riobamba 25 de octubre del 2021
Oficio N° 236-URKUND-CU-CID-TELETRABAJO-2021

Dr. Carlos Alberto Albán Hurtado
DIRECTOR CARRERA DE ODONTOLOGÍA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
UNACH
Presente.-

Estimado Profesor:

Luego de expresarle un cordial saludo, en atención al pedido realizado por el **Dr. Carlos Alberto Albán Hurtado**, docente tutor de la carrera que dignamente usted dirige, para que en correspondencia con lo indicado por el señor Decano mediante Oficio N° 1898-D-FCS-TELETRABAJO-2020, realice validación del porcentaje de similitud de coincidencias presentes en el trabajo de investigación con fines de titulación que se detalla a continuación; tengo a bien remitir el resultado obtenido a través del empleo del programa URKUND, lo cual comunico para la continuidad al trámite correspondiente.

No	Documento número	Título del trabajo	Nombres y apellidos del estudiante	% URKUND verificado	Validación	
					Si	No
1	D- 116073929	Tratamientos de dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta	Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin	6	x	

Atentamente,

CARLOS GAFAS GONZALEZ
Firmado digitalmente por CARLOS GAFAS GONZALEZ
Fecha: 2021.10.25 12:54:07 -05'00'

Dr. Carlos Gafas González
Delegado Programa URKUND
FCS / UNACH
C/c Dr. Gonzalo E. Bonilla Pulgar – Decano FCS

Debido a que la respuesta del análisis de validación del porcentaje de similitud se realiza mediante el empleo de la modalidad de Teletrabajo, una vez que concluya la Emergencia Sanitaria por COVID-19 e inicie el trabajo de forma presencial, se procederá a recoger las firmas de recepción del documento en las Secretarías de Carreras y de Decanato.

1/1

AGRADECIMIENTO

En primer lugar deseo expresar mi agradecimiento a mi tutor de esta tesis, Dr. Carlos Alberto Albán Hurtado por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, agradezco a la Universidad Nacional de Chimborazo por darme la formación académica, ética y moral para obtener mi título profesional y poder desenvolverme en la sociedad como un ente útil, agradezco a mis docentes por impartir sus conocimientos con profesionalismo los mismos que utilizaré para contribuir y ayudar a resolver problemas en la sociedad, en mi carrera de Odontología.

Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a mi familia, principalmente a mis padres María y José por ser el pilar fundamental en el transcurso de mi formación académica, por darme el apoyo y confianza para creer en mí, y permitir superarme en el campo laboral dándome sus palabras de amor, consejos, por ser siempre incondicionales en los momentos más duros de mi vida, sabiendo siempre levantarme cuando estaba a punto de caer, extendiéndome la mano para salir adelante.

Este logro dedico a mi sobrina Evelyn quien estuvo presente en el transcurso de mi estudio, apoyándome no económicamente, pero si dándome palabras de aliento, ayudándome a superar adversidades, cuidando a mi querida Hija Lucianna quien también es mi motor para seguir avanzando sin miedo al éxito para darle un mejor futuro.

Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	4
2.1 Criterios de Inclusión y Exclusión.....	4
2.2 Estrategia de Búsqueda.....	4
2.3 Tipo de estudio	4
2.3.1 Métodos, procedimientos y población.....	5
2.3.2 Instrumentos	5
2.3.3 Selección de palabras clave o descriptores.....	5
2.4.1 Número de publicaciones por año	8
2.4.2 Número de publicaciones por ACC (Average Count Citation).....	9
2.4.3 Número de artículos por factor de impacto (SJR)	10
2.4.4 Promedio de conteo de citas (ACC) por cuartil y base de datos	11
2.4.5 Áreas de aplicación, ACC y bases de datos.....	12
2.4.6 Número de publicaciones por tipo de estudio, colección de datos y tipo de publicación.	13
2.4.7 Relación entre el cuartil, área y base de datos.	14
2.4.8 Frecuencia de artículos por año y bases de datos	15
2.4.9. Lugar de procedencia de los artículos científicos.....	16
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
3.1. Odontogénesis	17
3.1.1. Etapas del desarrollo embrionario	17

3.1.1.1. Periodo de iniciación	17
3.1.1.2. Periodo de proliferación	17
3.1.1.3. Periodo de histodiferenciación	18
3.1.1.4. Periodo de morfodiferenciación	18
3.1.1.5. Periodo de aposición.....	18
3.1.1.6. Maduración del diente	18
3.2. Desarrollo radicular	19
3.3. Problemas en la maduración radicular.....	20
3.4. Tipos de tratamientos de dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta.	21
3.4.1. Terapia vital pulpar.....	21
3.4.2. Recubrimiento pulpar indirecto	21
3.4.3. Tratamiento pulpar directo	21
3.4.4. Pulpotomía parcial.....	21
3.4.5. Pulpotomía Completa	22
3.5. Tratamientos de dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar y absceso periapical.	23
3.5.1. Apexificación.....	23
3.5.2. Endodoncia regenerativa	23
3.6. Tratamientos en la práctica clínica realizados en dientes permanentes inmaduros con problemas de formación radicular.	27
3.6.1. Terapia pulpar vital en la práctica clínica en dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta.....	33

3.6.2. Tratamientos en la práctica clínica de dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar y absceso periapical.....	35
3.6.2.1. Apexificación.....	35
3.6.2.2. Apexificación con hidróxido de calcio.....	35
3.6.2.3. Apexificación con "tapón de MTA apical.....	36
3.6.2.4. Endodoncia regenerativa.....	38
3.7. Ventajas y desventajas de los tratamientos de dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta.....	47
3.8. Tasa de éxito y fracaso de las diferentes técnicas.....	49
3.9. Discusión.....	54
4. CONCLUSIONES.....	60
5. PROPUESTA.....	61
6. BIBLIOGRAFÍA.....	62
7. ANEXOS.....	71
7.1 Anexo 1. Tabla de caracterización de artículos científicos escogidos para la revisión..	71
7.2 Anexo 2. Tabla de metaanálisis utiliza para la revisión sistemática.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nro. 1. Términos de búsqueda y extracción de utilización en las bases de datos.	6
Tabla Nro. 2. Número de publicaciones por tipo de estudio, colección de datos, y tipo de.	13
Tabla Nro. 3. Cuartil, área y base de datos.....	14
Tabla Nro. 4. Ventajas y desventajas de tratamientos de dientes inmaduros con formación radicular incompleta	47
Tabla Nro. 5. Tasas de éxito y fracaso del tratamiento de dientes inmaduros	49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico Nro. 1. Metodología con escala y algoritmo de búsqueda.	7
Gráfico Nro. 2. Número de publicaciones por año.....	8
Gráfico Nro. 3. Número de publicaciones por ACC.	9
Gráfico Nro. 4. Número de artículos por factor de impacto.....	10
Gráfico Nro. 5. ACC por cuartil y base de datos.....	11
Gráfico Nro. 6. Áreas de aplicación, número de citas y bases de datos.	12
Gráfico Nro. 7. Frecuencia de artículos por año y bases de datos.....	15
Gráfico Nro. 8. Lugar de procedencia de los artículos científicos	16

RESUMEN

Los tratamientos de dientes inmaduros con formación radicular incompleta, que implica una serie de técnicas encaminados a preservar o reemplazar las estructuras afectadas del complejo dentino-pulpar, en dientes que no han terminado su proceso de formación radicular y cierre apical; estos tratamientos son la terapia pulpar vital, apexificación, endodoncia regenerativa que son alternativas para rehabilitar el diente que no terminado su desarrollo radicular. La presente revisión bibliográfica de realizó con la finalidad de analizar los diferentes tratamientos de dientes inmaduros con formación radicular incompleta. Se realizó una búsqueda de la literatura en artículos científicos del área de salud, en odontología, recopilados a través de bases de datos como Pubmed, Springer link, Elsevier, Scielo, Google Scholar a través de criterios de exclusión e inclusión, filtros, promedio de conteo de citas (ACC), indicador de factor de impacto de la revista ubicado en el Scimago Journal Ranking (SJR), después de haber sido aplicados los criterios de selección se obtuvo un total de 100 artículos para realizar la revisión sistemática. Concluyendo que los tratamientos más frecuentes en dientes inmaduros reportados en los diferentes estudios fueron: la pulpotomía, apexificación, endodoncia regenerativa. La pulpotomía se mostró como una alternativa eficaz para el tratamiento de dientes vitales mientras que la apexificación y la endodoncia regenerativa son una opción válida para tratar dientes con necrosis, siempre y cuando los casos sean diagnosticados acertadamente. Se determinó que la tasa de éxito y fracaso de las técnicas fueron del 90%-100% para pulpotomía, 74%-100% para apexificación y en 96,5% para endodoncia regenerativa.

Palabras clave: Tratamiento de dientes inmaduros, terapia pulpar vital, apexificación, endodoncia regenerativa.

ABSTRACT

The treatment of immature teeth with incomplete root formation involves a series of techniques to preserve or replace the affected structures of the dentin-pulp complex in teeth that have not finished their root formation process and apical closure. These treatments are vital pulp therapy, apexification, regenerative endodontics are alternatives to rehabilitate the tooth that has not finished its root development. This literature review was carried out to analyze the different treatments for immature teeth with incomplete root formation. A literature search was carried out in scientific articles in dental health, compiled through databases such as Pubmed, Springer link, Elsevier, Scielo, Google scholar through exclusion and inclusion criteria, filters, average citation count (ACC), impact factor indicator of the journal located in the Scimago Journal Ranking (SJR), after applying the selection criteria a total of 100 articles were obtained to carry out the systematic review. It was concluded that the most frequent treatments in immature teeth reported in the different studies were: pulpotomy, apexification, and regenerative endodontics. Pulpotomy was shown to be an effective alternative for treating vital teeth, while apexification and regenerative endodontics are valid options for treating teeth with necrosis if the cases are correctly diagnosed. It was determined that the success and failure rate of the techniques were 90%-100% for pulpotomy, 74%-100% for apexification, and 96.5% for regenerative endodontics.

Keywords: treatment of immature teeth, vital pulp therapy, apexification, regenerative endodontics.

Reviewed by:

Mgs. Hugo Romero

ENGLISH PROFESSOR c.c. 0603156258

1. INTRODUCCIÓN

El tema de investigación que se presenta a continuación corresponde a un análisis de los tratamientos en dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta; que implica una serie de técnicas encaminados a preservar o reemplazar las estructuras afectadas del complejo dentino-pulpar, en dientes que no han terminado su proceso de formación radicular y cierre apical. El diente permanente inmaduro se ve afectada por patologías como son la caries y los traumatismos los mismo que causan daño a nivel pulpar y periapical. La caries tiene una prevalencia muy elevada a nivel global que afecta principalmente a la dentición mixta. Sin embargo, los traumatismos dentales se producen en dientes anteriores, que afecta a niños comprendido entre los 7 y 10 años, cuando la raíz no ha alcanzado su desarrollo radicular por completo. Los dientes permanentes jóvenes con vitalidad pulpar o con necrosis a menudo tienen paredes delgadas y frágiles, por lo que es difícil lograr la instrumentación eficiente y obtener el sellado apical adecuado. Las paredes delgadas del conducto radicular pueden predisponer a estos dientes a fracturas.⁽¹⁾⁽²⁾

Para analizar esta problemática es importante destacar que la causa principal de la formación radicular incompleta en dientes permanentes inmaduros son la caries dental y las lesiones traumáticas etiologías más comunes. En el caso de la caries los microorganismos y sus productos de desechos desmineralizan el diente y juntamente con otros factores conducen a la destrucción de los tejidos duros, llegando a producir daño pulpar reversible o irreversible. A su vez los traumatismos pueden interrumpir el suministro sanguíneo a la pulpa dental ocasionando necrosis, impidiendo de esta manera que el diente permanente inmaduro complete su desarrollo radicular.⁽³⁾⁽⁴⁾

La metodología que se desarrolló en la presente investigación es mediante la aplicación de estrategias de búsqueda de información en las fuentes de publicación académica- científica a nivel global, el mismo que permitió una revisión profunda orientado a los objetivos que persigue el proceso investigativo mediante un procedimiento de revisión sistemática y metaanálisis en un marco temporal de divulgación sobre el tema entre el 2010-2020. Por lo que se desarrolló un trabajo de tipo descriptivo, retrospectivo, de enfoque cualitativo y documental.

Este estudio proporcionó de una manera directa al profesional una información de los diferentes problemas en particular que se puede presentar con este tipo de denticiones en cierta etapa del desarrollo, en cuanto al interés académico se busca aportar mediante la difusión de este trabajo para que el estudiante en formación tenga la posibilidad de conocer de las diferentes formas de tratamientos que en la actualidad se han ido generando mediante los avances científicos en el área de la odontología.

El tratamiento de los dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta implica para el odontólogo un desafío, al encontrarse frente a un paciente de edades tempranas con una caries profunda o traumatismo en dientes que aún no han terminado su formación radicular el mismo que termina en una necrosis pulpar. Generalmente cuando el diente permanente joven emerge a la cavidad oral, necesita tres años para terminar su desarrollo radicular y cierre apical, el mismo que está determinada por una estructura celular de dos capas llamada vaina de la raíz epitelial de Hertwig (HERS). Estas piezas dentales se caracterizan por presentar conductos radiculares muy amplios de base apical lo que complica su tratamiento. Cuando existe una caries profunda y compromete el tejido pulpar su pronóstico se ve comprometido por las dificultades que existe al momento de la instrumentación y obturación de dichos conductos inmaduros. ^{(5,6) (7)}

Las patologías orales que se presentan durante el desarrollo dental que afectan la dentición temporal y permanente alteran el equilibrio en la cavidad oral. La caries provoca la desmineralización y destrucción de los tejidos duros de los dientes, debido a la actividad bacteriana. En las últimas décadas, la caries dental se ha convertido en la enfermedad más común en los niños de todo el mundo. Sin embargo, la caries que afecta al diente durante la etapa de desarrollo radicular provoca una agresión al tejido pulpar, por lo tanto, cesa el desarrollo radicular, lo que resulta en la formación de un diente con ápice abierto, una proporción corona-radicular alterada, paredes dentinarias más finas y consecuentemente un mayor riesgo de fractura. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾

La caries dental se encuentra entre las enfermedades infecciosas más prevalentes de la humanidad. La caries severa ocurre en el 21% de los niños y adolescentes con dientes permanentes inmaduros. Aproximadamente el 7% de las caries profundas en dientes permanentes inmaduros desarrollan necrosis. Además, 25% de los niños y adolescentes experimentan traumatismo dental y, entre ellos, 27% contraen necrosis pulpar. En conjunto, aproximadamente 5.4 millones de niños y adolescentes en los Estados Unidos cada año sufren de necrosis pulpar y pérdida de dientes provocada por caries y traumatismos. ⁽¹⁰⁾

Los traumatismos son muy frecuentes en niños de entre 6 y 9 años. Una complicación grave de estos traumatismos es la necrosis pulpar cuya prevalencia varía con el tipo de traumatismo desde el 1% al 6% para las fracturas de corona hasta casi el 100% para las intrusiones. La incidencia de las lesiones traumáticas en un futuro serán el principal motivo de consulta y el factor etiológico primario de la pérdida del tejido pulpar en los dientes permanentes inmaduros implica la interrupción de la formación de raíces y el cierre apical. ⁽¹¹⁾

Las caries traumáticas o las anomalías del desarrollo como dens invaginatus pueden amenazar la dentición en desarrollo al causar necrosis pulpar, la misma que conduce al cese del crecimiento de la raíz con el ápice abierto posterior y las paredes de dentina delgadas que pueden presentar dificultades y complicaciones potenciales durante y después del tratamiento de conducto. ⁽¹²⁾

Los tratamientos de dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta ayudan a mejorar el pronóstico de los dientes con ápices inmaduros mediante técnicas para el restablecimiento del tejido pulpar funcional que estimulan un desarrollo radicular continuo, engrosamiento de las paredes radiculares en el mejor de los casos o para lograr la formación de una barrera apical que permita a la estructura dental inmadura continuar con sus funciones. Es por ello, por lo que esta revisión bibliográfica se centra en el estudio de los tratamientos de dientes permanentes inmaduro como alternativas de tratamiento no quirúrgica y mayormente compatible con el paciente.

La investigación aporta significativamente con información teórica a cerca de varias alternativas para rehabilitar dientes permanentes con ápice inmaduros. El presente trabajo investigativo justifica desarrollarlo por la importancia de los tratamientos de dientes permanentes inmaduros y a través de esta investigación dar a conocer las técnicas actuales y otras alternativas para tratar dientes permanentes con ápice inmaduro. Se ha generado diferentes puntos de vista sobre los tratamientos de dientes permanentes inmaduros en los diferentes casos que se puede presentar en la práctica clínica con respecto a la formación radicular incompleta.

El estudio busca resolver incógnitas sobre los tratamientos de dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta, mediante la evaluación de los mejores tratamientos informados en los últimos años. Se justifica también porque existen tasas elevadas de perdida dental por caries severa y traumatismos que afecta a los dientes permanentes inmaduros en niños y adolescentes de todo el mundo. Este estudio se llevó a cabo al ser factible existiendo el aporte y acompañamiento de los tutores especialistas en el área.

Con la información obtenida y publicada los beneficiarios directos son los odontólogos en su práctica profesional, así como los estudiantes en proceso de formación y de manera indirecta también serán beneficiados los pacientes que son atendidos en la clínica.

Para efectos de cumplir con las metas planteadas en la investigación se analizaron los tratamientos de dientes permanentes inmaduros con problemas de formación radicular incompleta, se ha dado a conocer los diferentes tratamientos en la práctica clínica realizados en dientes permanentes inmaduros, se ha establecido las ventajas y desventajas de los tratamientos en la práctica clínica para dientes permanentes inmaduros, finalmente se ha determinado la tasa de éxito y fracaso de las diferentes técnicas.

PALABRAS CLAVE: Tratamientos en dientes inmaduros, Apexificación, endodoncia regenerativa

2. METODOLOGÍA

La investigación se realizó mediante una revisión de literatura de artículos científicos en salud, odontología, publicados en revistas indexadas, los cuales fueron recopilados a través de bases de datos como Pubmed, Springer link, Elsevier, Scielo, Google Scholar que comprendía entre el año 2010 hasta el año 2020, de una forma sistematizada enfocados en Variables independientes (Tratamientos de dientes permanentes inmaduros), y dependiente (formación radicular incompleta).

2.1 Criterios de Inclusión y Exclusión

Criterios de inclusión:

- Artículos científicos con investigaciones validadas y destacadas sobre tratamientos de dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta.
- Artículos de revisión de literatura, investigaciones, revistas científicas, con publicaciones correspondientes al año 2010.
- Artículos de revisiones sistemáticas y metaanálisis sin pago, o libre de pagos solicitados por el autor.
- Artículos científicos divulgados en inglés
- Artículos científicos que cumplan con ACC (Average Count Citation) y el factor de impacto SJR (Scimago Journal Ranking).

Criterios de exclusión:

- Estudios basados en experimentos de animales.
- Publicaciones que refieran texto completo.
- Artículos que no fundamentaran en contenido los objetivos referidos al tema.

2.2 Estrategia de Búsqueda

Se realizó una búsqueda sistemática de literatura empleando el método de análisis y observación, los artículos científicos que se tomaron para el estudio fueron en base a los criterios de exclusión e inclusión antes descritos, y para la selección en base a la calidad se consideró la cantidad de referencias y el impacto de la revista en que fue publicado el artículo, además se analizó la relevancia del contenido en base a los objetivos planteados al tema.

2.3 Tipo de estudio

Estudio descriptivo: a través de esta investigación se analizó y se estableció los tratamientos de dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta, utilizando herramientas para la categorización de los artículos científicos y una organización de la información obtenida, cuyos resultados están orientados a establecer las variables.

Estudio transversal: se utilizó un estudio e inspección de información y valores orientados a los tratamientos de dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta mediante artículos científicos en un periodo de tiempo determinado los mismo que sean validados.

Estudio retrospectivo: se recopiló la información más relevante sobre los tratamientos de dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta fundamentados en artículos científicos en tiempo determinado de 10 años atrás.

2.3.1 Métodos, procedimientos y población

La búsqueda primaria refleja un resultado de 16792 artículos, al emplear los criterios de exclusión e inclusión se obtuvo un resultado de 2890 publicaciones las mismas que se redujeron a 120 y que fueron analizadas según el contenido de los resúmenes y pertinencia al tema con palabras claves como: tratamientos de dientes permanentes inmaduros, terapia pulpar vital, apexificación, endodoncia regenerativa. Se seleccionaron finalmente 100 artículos científicos considerando el registro de la revista Scimago Journal Ranking (SJR), que mide el factor de impacto de las revistas en las cuales fueron publicados los artículos.

2.3.2 Instrumentos

Matriz para revisión bibliográfica

Lista de cotejo

2.3.3 Selección de palabras clave o descriptores

Descriptores de búsqueda: se utilizaron los términos: tratamientos de dientes permanentes inmaduros, terapia pulpar vital, endodoncia regenerativa, apexificación.

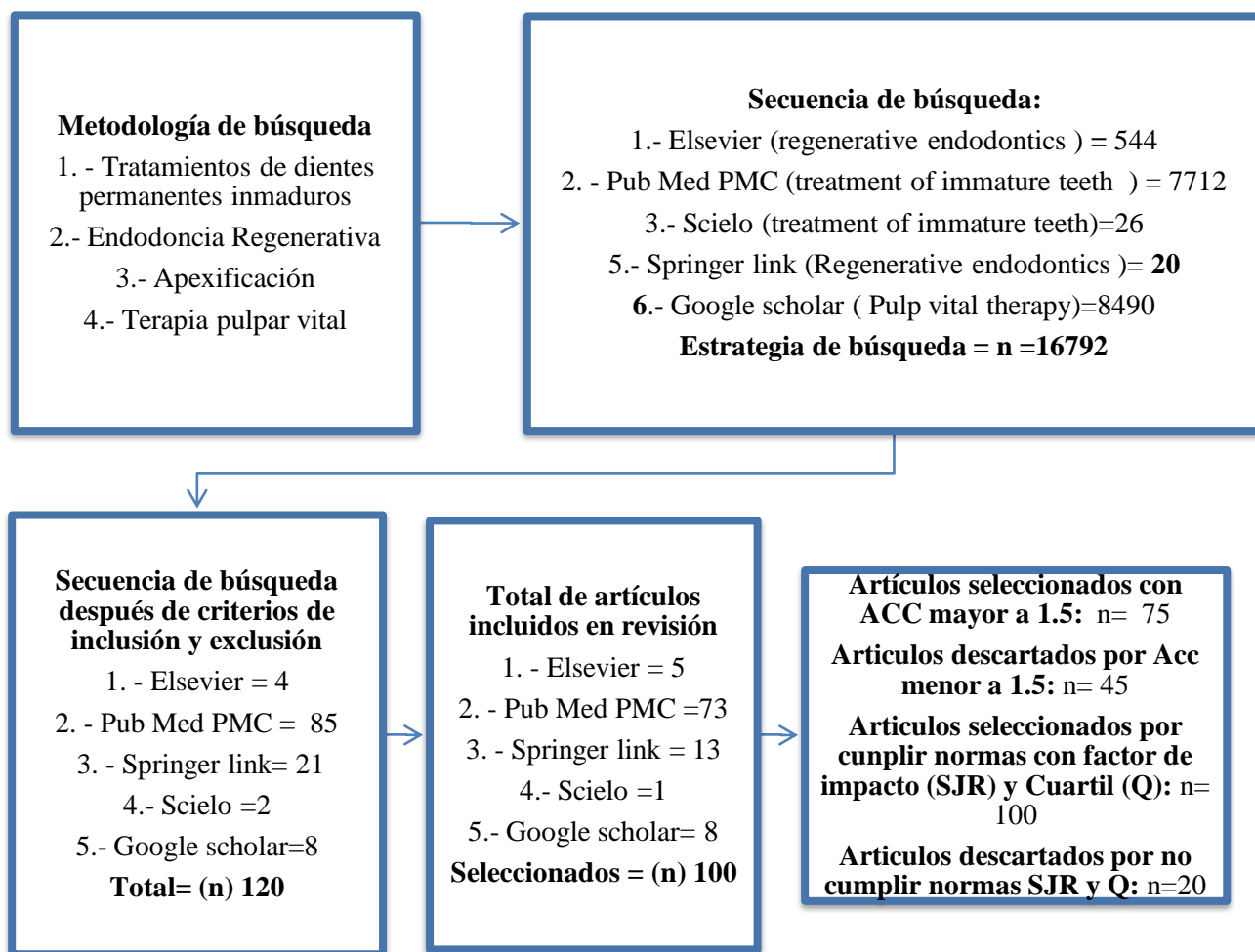
En la revisión de la información se usaron operadores lógicos: AND, IN, los que junto con las palabras clave ayudaron a la selección de artículos útiles para la investigación

Tabla Nro. 1. Términos de búsqueda y extracción de utilización en las bases de datos.

FUENTE	ECUACIÓN DE BÚSQUEDA
Google scholar	Pulp vital therapy
PubMed (PMC)	Treatment of immature teeth
	Regenerative endodontics Apexificación Pulp vital therapy
Elsevier	Treatment of immature teeth
	Pulp vital therapy
Springer link	Regenerative endodontics Dental tissue engineering
Scielo	Treatment of immature teeth

Elaborado por: Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin

Gráfico Nro. 1. Metodología con escala y algoritmo de búsqueda.



Elaborado por: Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin

La muestra para la investigación fue seleccionada mediante el muestreo intencional no probabilístico y se centró en el métodos inductivos y deductivos, los mismos que se encontraron en función de la búsqueda, análisis, interpretación y comprensión de los artículos de las distintas bases de datos científico que comprendidas entre el año 2010 y 2020 orientados en las variables independientes (Tratamientos de dientes permanentes inmaduros) y dependientes (formación radicular incompleta).

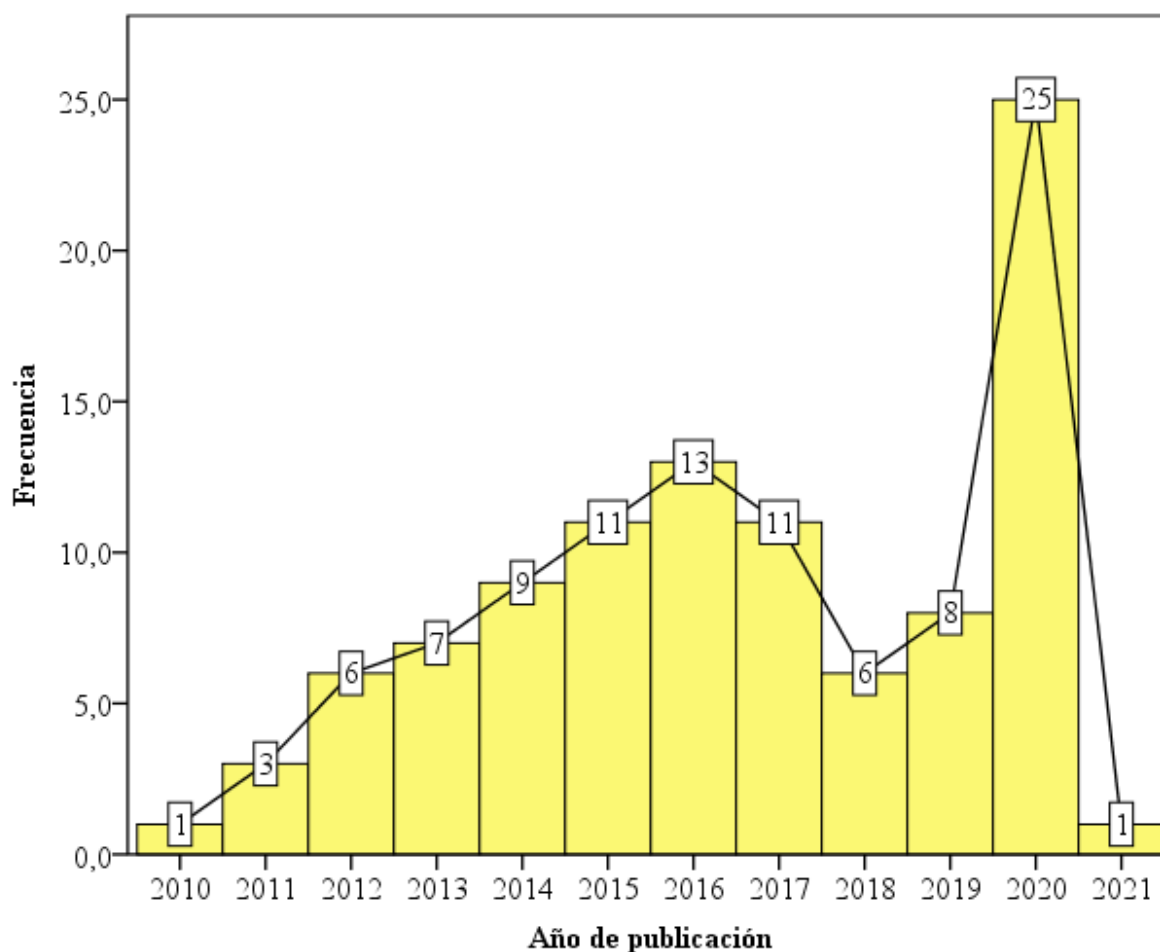
La investigación fue documental, es por ello por lo que se usaron procesos de recolección de datos e información, logrando de esta manera alcanzar los objetivos planteados, además se ejecutó y usó tablas de revisión de la información y una matriz de caracterización.

2.4 Valoración de la calidad de estudios.

2.4.1 Número de publicaciones por año

En el gráfico que se muestra a continuación se puede ubicar el número de publicaciones por año de la presente investigación, en cuyo caso se puede observar la tendencia creciente del interés respecto a la divulgación y estudio sobre el tema planteado, siendo el año 2017 el de mayor tendencia al igual que el 2020 con un despunte de 25 publicaciones; lo que demuestra lo actual del tema y el interés científico académica de esta línea de investigación.

Gráfico Nro. 2. Número de publicaciones por año.



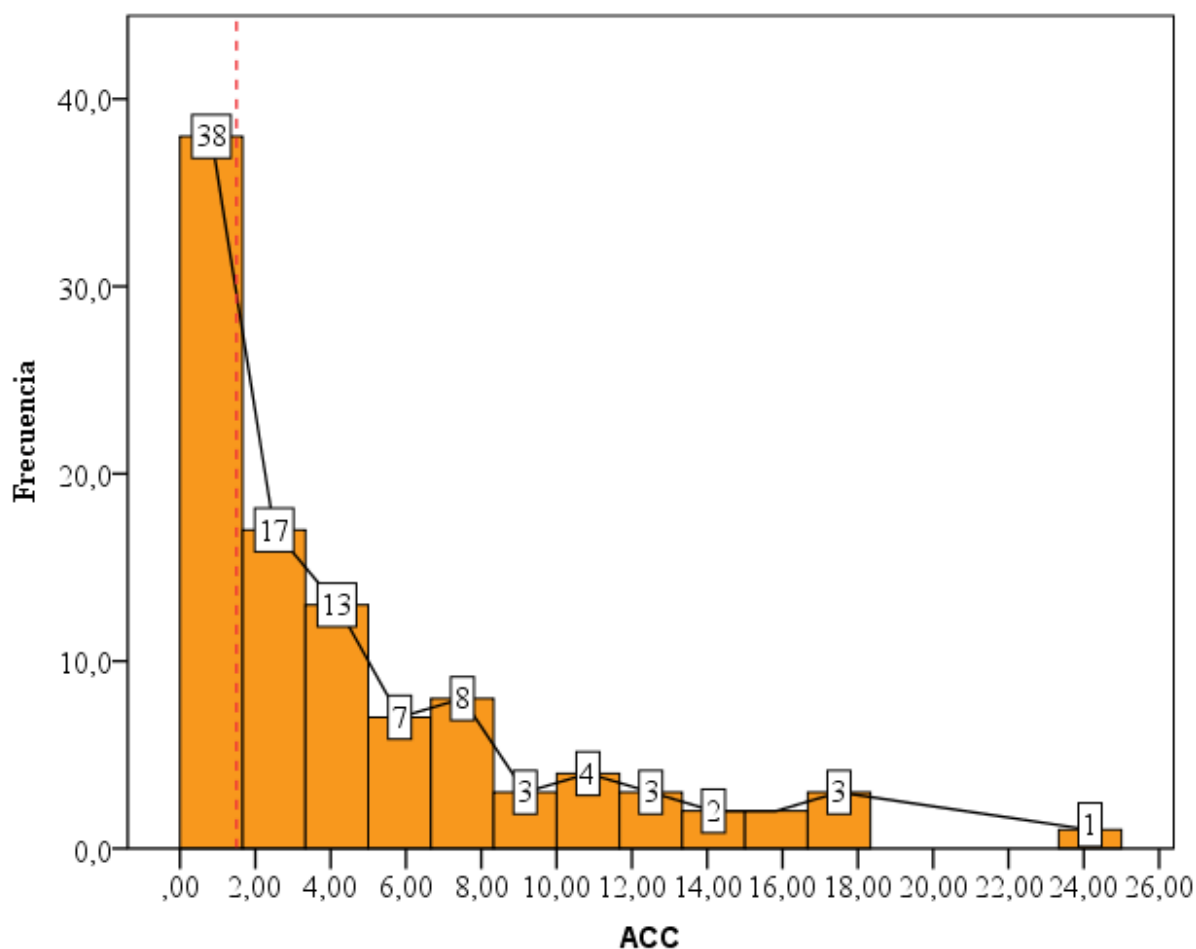
Fuente: Revisión general de artículos procesado en SPSS v25.

Elaborado por: Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin

2.4.2 Número de publicaciones por ACC (Average Count Citation)

Las publicaciones seleccionadas para el presente estudio fueron evaluadas mediante el promedio de conteo de citas (ACC), mismas que son consideradas de impacto moderado si su índice es mayor a 1.5; considerando lo antes descrito se puede observar que existe una gran cantidad de artículos que cumplen este requerimiento, además se debe indicar que a pesar de que existe una cantidad de publicaciones con valores menores a 1.5 estos tienen otros indicadores de calidad que fueron determinados para su selección.

Gráfico Nro. 3. Número de publicaciones por ACC.

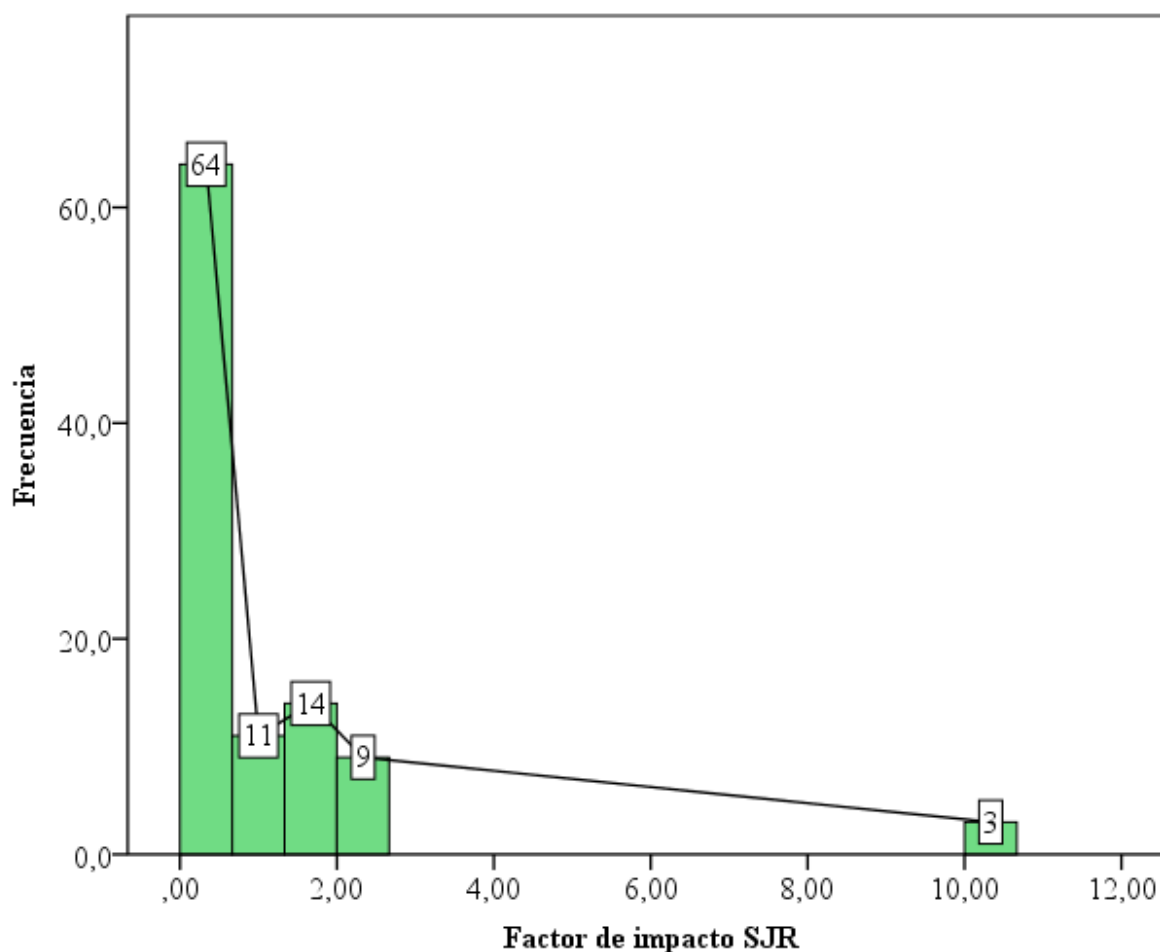


Fuente: Revisión general de artículos procesado en SPSS v25.
Elaborado por: Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin

2.4.3 Número de artículos por factor de impacto (SJR)

El factor de impacto de la revista en que los artículos fueron publicados, es otro indicador importante para la validación de las publicaciones, considerando aquello se puede observar un número importante de revistas que fueron valoradas mediante el SJR, la mayoría de las publicaciones muestra un factor de impacto entre 0 y 2, un grupo pequeño se observan un factor de impacto por encima de 2 siendo estas publicaciones de relevancia académica sustancial.

Gráfico Nro. 4. Número de artículos por factor de impacto.

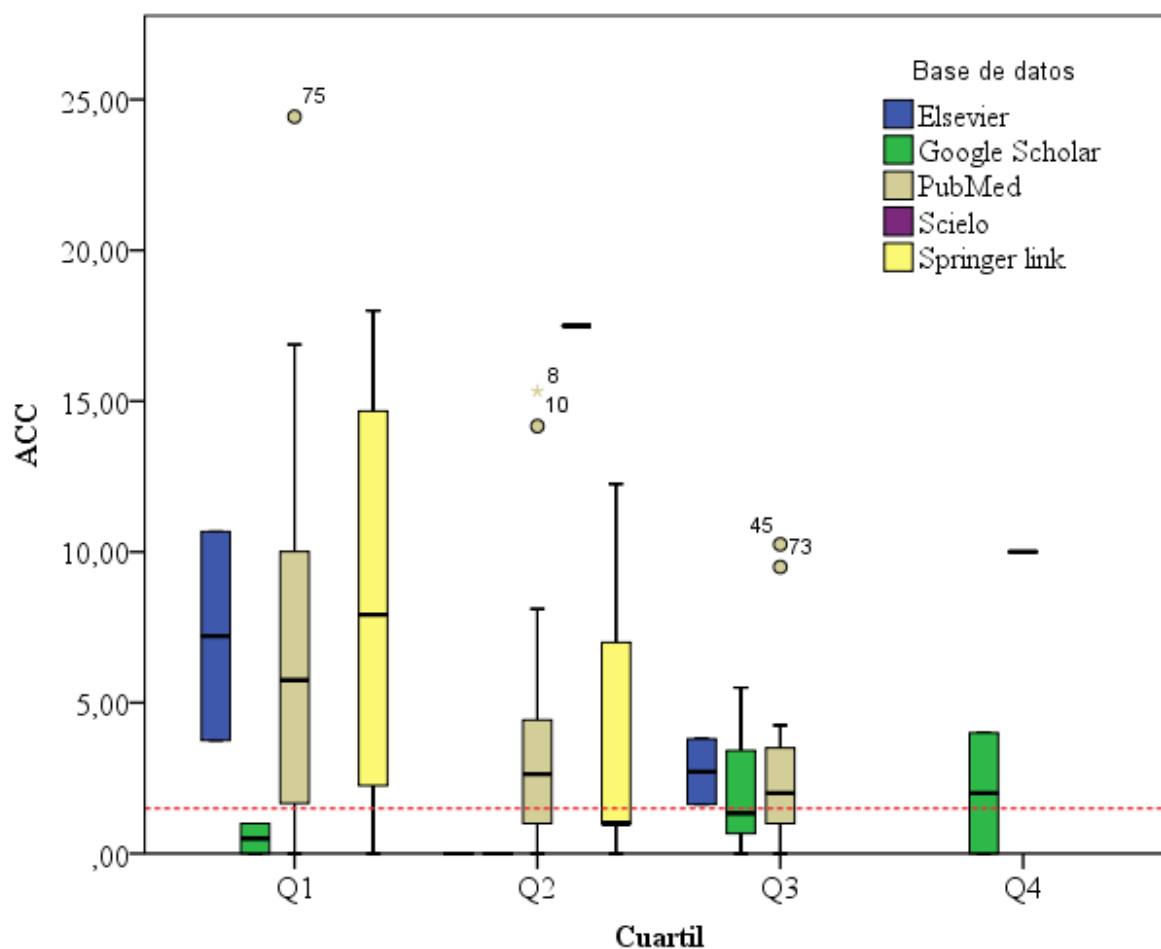


Fuente: Revisión general de artículos procesado en SPSS v25.
Elaborado por: Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin

2.4.4 Promedio de conteo de citas (ACC) por cuartil y base de datos

Las bases de datos de publicación donde se recuperaron los artículos muestra una tendencia importante respecto a su calidad y su ubicación en cuartiles, siendo los de mayor procedencia aquellos de las bases de datos Springer, Pubmed y Elsevier mismos que reportan un promedio de conteo de citas alto además de su ubicación en cuartiles de factor de impacto importante Q1, se puede observar también que existen publicaciones en cuartil 2 y 3 con publicaciones de alto contenido de citas, los artículos de cuartil cuatro pertenecen a la plataforma de Google Scholar y se muestran divergentemente menores respecto al valor del índice de promedio de conteo de citas de impacto moderado.

Gráfico Nro. 5. ACC por cuartil y base de datos.

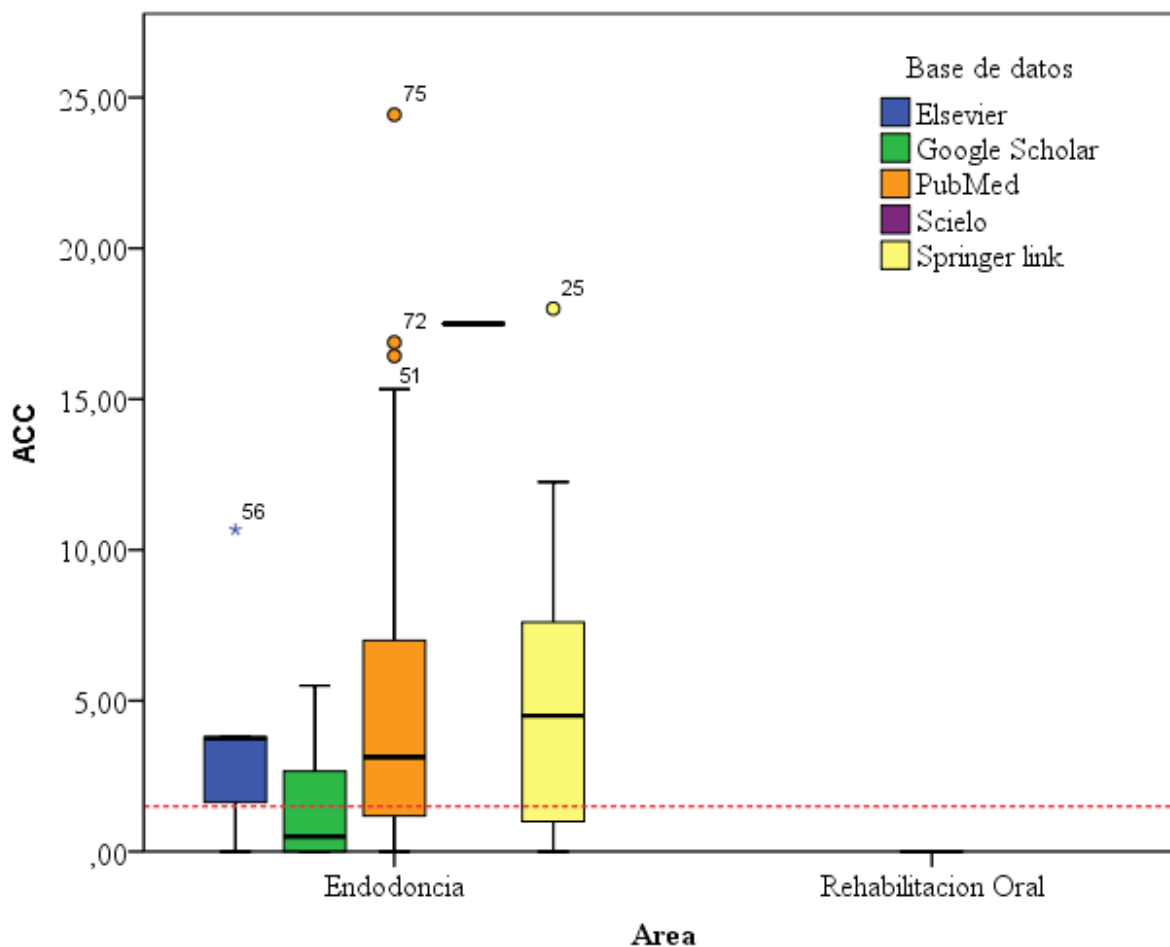


Fuente: Revisión general de artículos procesado en SPSS v25.
Elaborado por: Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin

2.4.5 Áreas de aplicación, ACC y bases de datos

En la revisión de los artículos se puede observar 2 grandes áreas de aplicación del tema planteado, siendo el área de la endodoncia la de mayor tendencia en publicación, el área de la rehabilitación oral presentó escasas publicaciones e inclusive con valores menores en el promedio de conteo de citas; la base de datos de significativa tendencia de aplicación con valores de promedio de conteo de citas muy altos fue la plataforma Pubmed.

Gráfico Nro. 6. Áreas de aplicación, número de citas y bases de datos.



Fuente: Revisión general de artículos procesado en SPSS v25.
Elaborado por: Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin

2.4.6 Número de publicaciones por tipo de estudio, colección de datos y tipo de publicación.

Respecto al número de publicaciones por el tipo de estudio colección de datos de tipo de publicación, se recopiló un total de 101 artículos tanto de estudios cuantitativos como de estudios cualitativos, siendo 55 de ellos de estudio cuantitativo referente a casos y controles y la diferencia corresponde a estudios de tipo de revisión bibliográfica, revisión sistemática y análisis documental netamente de tipo cualitativo.

Tabla Nro. 2. Número de publicaciones por tipo de estudio, colección de datos, y tipo de

Colección de datos	Casos y controles	Documental
Cualitativos	0	46
Cuantitativos	55	0
Total	55	46

Fuente: Revisión general de artículos procesado en SPSS v25.

Elaborado por: Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin

2.4.7 Relación entre el cuartil, área y base de datos.

En lo que refiere a la clasificación de los artículos por área, cuartil y la base de datos, se puede observar que las publicaciones proceden de forma mayoritaria de la base de datos Pubmed, se detalla también un número importante de publicaciones de cuartil uno en cada una de las bases de datos además de las de cuartil 2, siendo esta última desde mayor número de publicaciones; por tanto se puede indicar que el área de mayor tendencia publicación es la Endodoncia siendo la base de datos Pubmed y el cuartil 2 los que muestran un importante número de publicaciones.

Tabla Nro. 3. Cuartil, área y base de datos.

Base de datos	Cuartil	Área		Total
		Endodoncia	Rehabilitación Oral	
Elsevier	Q1	2	0	2
	Q2	1	0	1
	Q3	2	0	2
	Total	5	0	5
Google Scholar	Q1	2	0	2
	Q2	1	0	1
	Q3	3	0	3
	Q4	2	0	2
	Total	8	0	8
PubMed	Q1	26	1	27
	Q2	32	0	32
	Q3	14	0	14
	Q4	1	0	1
	Total	73	1	74
Scielo	Q2	1	0	1
	Total	1	0	1
Springer link	Q1	4	0	4
	Q2	9	0	9
	Total	13	0	13
Total	Q1	34	1	35
	Q2	44	0	44
	Q3	19	0	19
	Q4	3	0	3
	Total	100	1	101

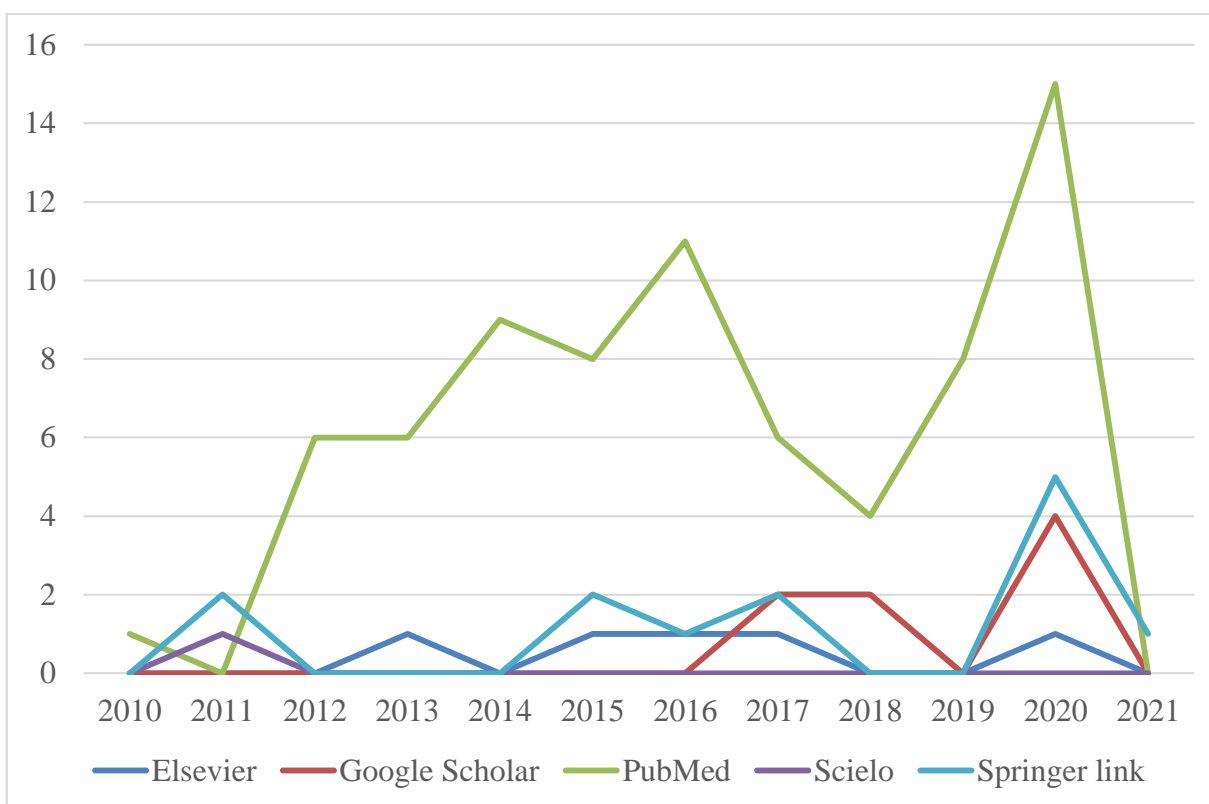
Fuente: Revisión general de artículos procesado en SPSS v25.

Elaborado por: Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin

2.4.8 Frecuencia de artículos por año y bases de datos

En base a los resultados obtenidos a partir del análisis de la calidad de los artículos se puede observar Adicionalmente una interesante tendencia de la plataforma Pubmed en el interés de publicación del tema planteado, siendo el año 2020 el que mayor contribución muestra, no sólo en esta base de datos sí no también en las bases de datos como Springer, Google Scholar y Elsevier; concluyendo que el interés de la divulgación del tema planteado, tiene una connotación interesante en estos últimos 2 años.

Gráfico Nro. 7. Frecuencia de artículos por año y bases de datos



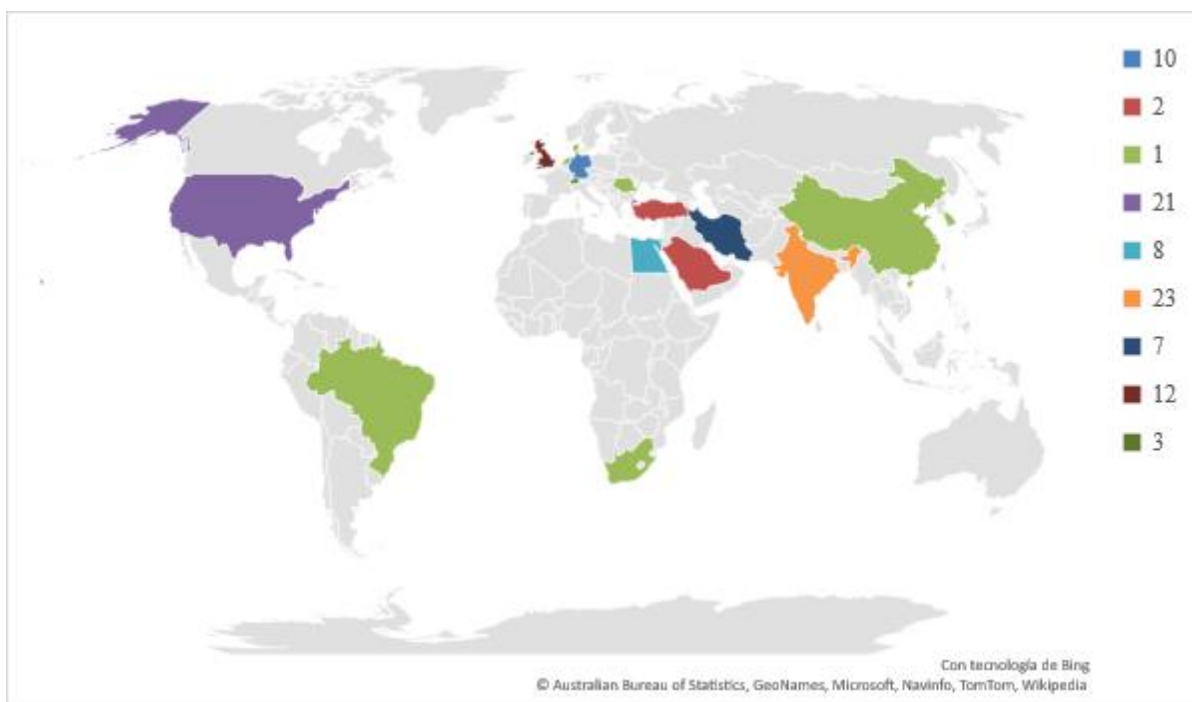
Fuente: Revisión general de artículos procesado en SPSS v25.

Elaborado por: Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin

2.4.9. Lugar de procedencia de los artículos científicos

En lo que refiere al lugar de procedencia y publicación de los artículos existen 2 países que se destacan por la cantidad y frecuencia de estos, estos países son la India y Estados Unidos además de Reino Unido que aporta con un número interesante de publicaciones, en menor proporción se visualizan otros países como menor número de aportes, finalmente esto indica que el tema planteado tiene una visualización global desde el punto de vista científico académico.

Gráfico Nro. 8. Lugar de procedencia de los artículos científicos



Fuente: Revisión general de artículos procesado en SPSS v25.
Elaborado por: Huaira Dayanna Tixilema Yanchaliquin

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Odontogénesis

La odontogénesis se define como el origen y desarrollo del germen dentario, durante la cuarta semana de vida embrionaria, se distinguen claramente los procesos primordiales que están a cargo del desarrollo de la cara. En sentido cefálico respecto a la cavidad bucal primitiva o estomodeo, se encuentra el proceso frontal, masa del ectodermo (epitelio embrionario) y mesénquima (tejido conectivo embrionario), que cubre la porción anterior del proencéfalo del embrión. En sentido caudal y lateralmente del proceso frontal, se encuentra los procesos nasal medio y nasal lateral respectivamente.⁽¹³⁾

El estomodeo está flanqueado por los procesos mandibulares están situados inmediatamente debajo de la cavidad bucal primitiva y se hallan conectados en la línea media por una depresión llamada cúpula. En la quinta semana de vida intrauterina, los procesos maxilares crecen en dirección central, en tanto los procesos embrionarios comienza a fusionarse en una estructura única a consecuencia de crecimiento mesenquimatoso en la profundidad de la cúpula. Entre la sexta y séptimo semana los proceso maxilares y mandibulares se fusionan lateralmente al estomodeo, reduciendo así el tamaño de la abertura bucal.⁽¹³⁾

3.1.1. Etapas del desarrollo embrionario

La odontogénesis es el proceso embriológico que dará lugar a la formación del germen dental. Este proceso interviene fundamentalmente los tejidos embrionarios del ectodermo y mesodermo, separados ambos por una capa de origen epitelial llamada capa basal. Cerca de la sexta semana de desarrollo embrionario, parecen unas zonas de mayor actividad y engrosamiento en las células más internas del epitelio oral (ectodermo) que darán origen a la lámina dental. Para mayor comprensión se clasifica en cinco periodos.⁽¹³⁾

3.1.1.1. Periodo de iniciación

Cerca de la sexta semana de vida intrauterina se inicia la formación de los órganos dentarios primarios, existe mayor proliferación de células epiteliales del ectodermo en la capa basal que da origen a la lámina dental, que será la protagonista para dar el origen al germen dentario de dientes temporales como permanentes.⁽¹³⁾

3.1.1.2. Periodo de proliferación

Alrededor de la décima semana embrionaria, las células epiteliales del ectodermo proliferan y la superficie profunda de los brotes se invagina en el mesodermo, lo que produce la formación del germen dental. El que rodea al órgano dentario y a la papila dental dará origen al saco dental. El mesodermo que rodea al órgano dentario y a la papila dental dará origen al saco dental. Cada germen está constituido por:⁽¹³⁾

- Órgano del esmalte u órgano dental (de origen epitelial), dará origen al esmalte.

- Papila dental (de origen ectomesenquimal), que dará origen a la dentina y pulpa.
- Saco dental (origen mesodérmico), dará origen al cemento y ligamento periodontal.

3.1.1.3. Periodo de histodiferenciación

A las catorce semanas de vida intrauterina y durante la fase de histodiferenciación, las células del germen dentario comienzan a especializarse. La membrana basal dividida en epitelio externo e interno rodea al órgano dental, en cuyo interior el retículo estrellado, se organiza para la posterior formación del esmalte. La lamina dentaria del diente temporal se va contrayendo progresivamente hasta semejarse a un cordón, al mismo tiempo comienza a emitir una extensión que dará lugar a los futuros dientes permanente.⁽¹³⁾

3.1.1.4. Periodo de morfodiferenciación

A las 18 semanas de vida fetal la fase más avanzada del germen dentario se organiza y se disponen de forma que determinan el tamaño y la forma de la corona del diente. El epitelio interno y externo se fusionan para formar la raíz a nivel de una unión del asa cervical de la cual deriva la raíz dentaria. El epitelio interno se diferencia en ameloblastos o células secretoras del esmalte mientras que las células de la papila dental se diferencian en odontoblastos formadoras de dentina. Esta doble capa celular, constituida por ameloblastos y odontoblastos, recibe el nombre de membrana amelodentinaria o membrana bilaminar. Simultáneamente la parte central de la papila dental dará origen a la pulpa.⁽¹³⁾

Durante esta fase, la lámina dental desaparece, excepto en la parte adyacente al diente primario en desarrollo, convirtiéndolo en un órgano interno libre. Al mismo tiempo emite una proliferación hacia lingual para iniciar el desarrollo del diente permanente. Esto sucede entre el quinto y el noveno mes de vida intrauterina, comenzando por los incisivos centrales y finalizando con los segundos premolares. Los primeros molares permanentes se inician a partir de extensiones distales de la lámina dental ya en el cuarto mes de vida intrauterina y los segundos y terceros molares empiezan a formarse después de nacimiento a la edad de 1 a 4 años respectivamente. La lámina dentaria se desintegra cuando termina la formación de la cripta ósea que rodea el germen dentario.⁽¹³⁾

3.1.1.5. Periodo de aposición

Finalizada la fase que da origen al tamaño y forma del diente, se inicia la fase aposición, llamado de esta forma por el crecimiento aposicional, aditivo y en forma de capas de una matriz no vital segregada por las células carácter de una matriz tisular (ameloblasto y odontoblastos).⁽¹³⁾

3.1.1.6. Maduración del diente

La calcificación o mineralización dentaria comprende la precipitación de sales minerales, principalmente calcio y fósforo, sobre la matriz tisular previamente desarrollada. El proceso comienza con dicha precipitación de esmalte en las puntas de las cúspides y los bordes

incisales de los dientes, continuando con la precipitación de capas sucesivas y concéntricas sobre estos pequeños puntos de origen. Los dientes temporales comienzan su calcificación entre las catorce y las dieciocho semanas de vida intrauterina, iniciándose en los incisivos centrales y terminando por los segundos molares. Los ápices se cierran entre el año y medio, aproximadamente un año después de su aparición en boca. Los dientes permanentes inician su calcificación varios meses después del nacimiento, a excepción de los primeros molares permanentes que ya han iniciado su calcificación en el momento del nacimiento. Le siguen los incisivos centrales superiores e inferiores, laterales mandibulares y caninos. En cuanto al cierre apical, los dientes permanentes completan su formación radicular aproximadamente en unos 3 años y medio de su erupción.⁽¹³⁾

3.2. Desarrollo radicular

Es importante discutir el desarrollo de la raíz para comprender sus modalidades de tratamiento. El desarrollo de la raíz comienza cuando la formación de esmalte y dentina ha alcanzado la futura unión cemento-esmalte. En esta etapa, el epitelio interno y externo del esmalte ya no están separados por el estrato intermedio y el retículo estrellado, sino que se desarrollan como una pared epitelial de dos capas para formar la vaina de la raíz epitelial de Hertwig. Cuando se ha inducido la diferenciación de las células radiculares en odontoblastos y se ha depositado la primera capa de dentina, la vaina radicular epitelial de Hertwig comienza a desintegrarse pierde su continuidad y estrecha relación con la superficie radicular. Sus restos persisten como una red epitelial de hebras o túbulos cerca de la superficie externa de la raíz Hertwig. La vaina epitelial de la raíz se encarga de determinar la forma de la raíz o raíces. El diafragma epitelial rodea la abertura apical de la pulpa y finalmente se convierte en el agujero apical. Se encuentra un ápice abierto en las raíces en desarrollo de los dientes permanentes inmaduros hasta que ocurre el cierre apical aproximadamente 3 años después de la erupción. La vaina radicular de Hertwig suele ser sensible al traumatismo, pero debido al grado de vascularización y celularidad en la región apical, la formación de la raíz puede continuar incluso en presencia de inflamación y necrosis pulpar. Debido al importante papel de la vaina epitelial de la raíz de Hertwig en el desarrollo continuo de la raíz después de una lesión pulpar, se deben hacer todos los esfuerzos posibles para mantener su viabilidad. Se cree que proporciona una fuente de células indiferenciadas que podrían dar lugar a una mayor formación de tejido duro. También puede proteger contra el crecimiento de células del ligamento periodontal en el conducto radicular, lo que daría como resultado la formación de hueso intracanal y la detención del desarrollo de la raíz.⁽¹¹⁾

Se ha informado que los restos de la vaina de la raíz epitelial de Hertwig o los restos celulares de Malassez son suficientemente resistentes a las infecciones periapicales. Por lo tanto, las redes de señalización de estas células de la vaina de la raíz epitelial remanente pueden estimular varias células madre, como las células madre de papilas apicales, ligamento periodontal, médula ósea y células madre pulpares multipotentes para formar células parecidas a odontoblastos en dientes no vitales, inmaduros y no infectados. Estas células

parecidas a los odontoblastos recién formadas a partir de la dentina ayudan en la maduración normal de la raíz. Este proceso biológico también está mediado por la estimulación de cementoblastos en el peri-ápice que conduce al depósito de material calcificado en el ápice, así como en las paredes dentinarias laterales.⁽⁸⁵⁻⁸⁸⁾

3.3. Problemas en la maduración radicular

La caries dental es un importante problema de salud bucal, especialmente en los países en desarrollo. Cuando la pulpa de un diente inmaduro ha sido afectada por caries o excavación mecánica el desarrollo radicular cesa. Sin embargo, para los dientes permanentes inmaduros (formación radicular incompleta con foramen apical muy abierto), el tratamiento de conducto no es la opción preferida. Una vez que el diente deja de ser vital, cesa el desarrollo de la raíz, lo que debilita el diente y lo incapacita para resistir las fuerzas fisiológicas de la masticación. Esto da como resultado una alta tasa de fracturas radiculares con mal pronóstico a medio y largo plazo. Sin una pulpa vital, la formación de la raíz no procederá porque, en estas situaciones, el diente dejará de erupcionar y la raíz será delgada e incapaz de tolerar las fuerzas masticatorias, por lo que el diente será propenso a fracturarse. De hecho, la mayoría de los estudios han demostrado que más del 50% de dichos dientes se perderán en los primeros 10 años después del trauma a pesar de haber sido tratados endodónticamente.⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾

Otro de los problemas de la formación radicular incompleta en dientes permanentes inmaduros son los traumatismos dentales, los mismos que tienen una prevalencia global del 10-15%; especialmente en niños pequeños (de 1 a 3 años) que están aprendiendo a explorar sus habilidades motoras gruesas (por ejemplo, caminar, montar en bicicleta, etc.). Pero los traumatismos también se producen con frecuencia en niños de entre 6 y 10 años debido a los deportes de contacto y al comportamiento aventurero. En Bélgica no se ha notificado ninguna diferencia de sexo en la prevalencia de los traumatismos dentales. Aunque en Alemania, los niños están más afectados. De todos los dientes traumatizados, el 90% se encuentra en el maxilar, siendo el incisivo central el más prevalente. La subluxación y la fractura esmalte-dentina son los tipos de traumatismos más comunes en la dentición permanente.⁽²⁰⁾

La necrosis pulpar de los dientes permanentes inmaduros suele ser un resultado de un traumatismo dental en los dientes anteriores y de una caries en los dientes posteriores. La principal diferencia entre estas dos condiciones clínicas es el hecho de que las células del ligamento periodontal no han sido dañadas en los dientes cariados con necrosis pulpar en contraste con las de los dientes traumatizados.⁽²¹⁾

3.4. Tipos de tratamientos de dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta.

3.4.1. Terapia vital pulpar

La terapia pulpar vital (VPT) de los dientes permanentes inmaduros se realiza para estimular el desarrollo fisiológico y la formación del extremo radicular y el cierre apical; este procedimiento también se conoce como apexogénesis. El objetivo de la apexogénesis es la preservación del tejido pulpar vital sano para que se produzca un desarrollo radicular continuo con cierre apical. Históricamente, el hidróxido de calcio solía ser el material de elección para VPT. Más tarde, tras la introducción del agregado de trióxido mineral (MTA), este material bioactivo se convirtió en el estándar de oro. Recientemente, se inventaron algunos otros cementos a base de silicato de calcio de este agregado, como el cemento de mezcla enriquecida con calcio (CEM) y Biodentine, que pueden ser agentes VPT favorables.⁽²²⁾

Las técnicas de terapia pulpar vital para el tratamiento de dientes permanentes inmaduros expuestos se pueden clasificar en cuatro categorías:

3.4.2. Recubrimiento pulpar indirecto

Se recomienda el tratamiento pulpar indirecto para la conservación pulpar en dientes asintomáticos con una lesión cariosa profunda adyacente a la pulpa, así como en dientes con diagnóstico de pulpitis reversible. Luego se coloca un medicamento sobre la dentina cariada para estimular la cicatrización de la pulpa.⁽²³⁾

3.4.3. Tratamiento pulpar directo

El tratamiento pulpar directo se define como un apósito para heridas de un tejido pulpar sano expuesto con un material biocompatible para promover la cicatrización pulpar y generar dentina reparadora. Se han enfatizado los dos puntos clave para el éxito del hidróxido. El recubrimiento pulpar solo debe realizarse en dientes asintomáticos y debe colocarse una restauración bien sellada inmediatamente después de la terapia pulpar directa.⁽²³⁾

3.4.4. Pulpotomía parcial

Es un procedimiento que está indicada en un diente permanente joven con una exposición pulpar en el que se elimina el tejido pulpar inflamado debajo del lugar expuesto hasta una profundidad de al menos 2 mm, con el fin de alcanzar el tejido sano; en la que el sangrado pulpar se controla en 1-2 minutos. Posteriormente, se coloca un agente de recubrimiento pulpar adecuado con un grosor de aproximadamente 1,5-2 mm sobre la pulpa sana restante que permite mantener la vitalidad de la pulpa y proporcionar la continuación del desarrollo de la raíz del diente en asociación con la formación de un puente de tejido duro a través de la superficie pulpar expuesta. A diferencia de la pulpotomía total, la pulpotomía de Cvek o parcial implica la conservación del tejido pulpar coronal rico en células, que es más propenso

a favorecer la recuperación que la pulpa radicular. Está indicada para dientes que tienen las siguientes características: exposición pulpar pequeña, tratada dentro de los 14 días posteriores al traumatismo, sin caries, ápice abierto o paredes dentinales delgadas, pulpa vital y asintomática. Este enfoque está ampliamente aceptado para el tratamiento de fracturas coronarias complicadas, con un alto índice de éxito. Según estudios anteriores, la duración de la exposición pulpar no está relacionada con el efecto terapéutico si el tiempo es inferior a una semana, y los resultados no cambian, aunque el intervalo entre el traumatismo y la consulta dental supere las 48 horas en algunos casos. Se ha demostrado que la pulpotomía parcial tiene más éxito en casos de exposición traumática que en caries -molares permanentes jóvenes expuestos. En dientes inmaduros, este tratamiento también es significativamente más exitoso entre las técnicas de VPT. ⁽¹⁸⁻²⁶⁾

Según las pautas de la Academia Estadounidense de Odontología Pediátrica (AAPD). La pulpotomía parcial, es un tratamiento de terapia pulpar vital, generalmente se considera el tratamiento de elección para dientes inmaduros con tejido pulpar expuesto. Al realizar una pulpotomía parcial, solo se extrae el tejido pulpar coronal inflamado superficial y se cubre el tejido pulpar sano restante con un material apropiado para promover la curación pulpar y el desarrollo continuo de la raíz (apexogénesis). ⁽¹⁸⁾

3.4.5. Pulpotomía Completa

Es un tratamiento universalmente aceptado para los dientes con raíces incompletas que implican la exposición pulpar. La pulpotomía completa es la extirpación del tejido pulpar afectado mientras se mantienen los tejidos sanos, esta terapia sigue siendo el tratamiento óptimo para que se produzca la maduración de la raíz (apexogénesis). El éxito de la terapia pulpar vital depende en gran medida de la selección adecuada de materiales de apósito / recubrimiento que sean inofensivos para los tejidos sanos restantes y capaces de establecer un sello bacteriano hermético para promover el cierre apical. Las indicaciones clínicas comunes son los casos que demuestran signos de pulpitis reversible, o cuando la pulpa queda expuesta durante la eliminación de la caries o después de una lesión traumática. En estos casos también se puede realizar un recubrimiento pulpar directo o una pulpotomía parcial (pulpotomía Cvek). Está casi consensuado que la vitalidad de la pulpa debe conservarse para fomentar la maduración radicular continuada en los dientes permanentes inmaduros. ⁽⁹⁾⁽²⁹⁾⁽³¹⁾⁽³²⁾

El procedimiento de pulpotomía tiene como objetivo preservar la vitalidad de la pulpa de los dientes permanentes jóvenes para promover el desarrollo normal de la raíz. El objetivo de la apexogénesis es el mantenimiento de una vaina radicular de Hertwig viable y el mantenimiento de la vitalidad de la pulpa para permitir la deposición de dentina en el ápice de la raíz. También insistió en inducir la formación de un puente dentinario en el sitio de la pulpotomía para asegurar la vitalidad de la pulpa. La necesidad del tratamiento del conducto

radicular después de la pulpotomía es evitar una posible necrosis pulpar, calcificación continua o reabsorción interna.⁽²³⁾⁽³³⁾⁽³⁴⁾⁽³⁵⁾⁽³⁶⁾

3.5. Tratamientos de dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar y absceso periapical.

3.5.1. Apexificación

Apexificación es un enfoque endodóntico ampliamente aceptado en el tratamiento de dientes permanentes inmaduros que han sufrido traumatismo principalmente de los dientes anteriores es la causa más frecuente de necrosis pulpar y periodontitis apical. Se define como un método para inducir una barrera calcificada en una raíz con ápice en dientes con pulpa necrótica; que permitirá la continuación del desarrollo radicular, la maduración del ápice y el engrosamiento de las paredes radiculares, reforzando así la(s) raíz(es) contra la fractura. Esta barrera es obligatoria para permitir la compactación del material de obturación radicular.⁽¹⁰⁾⁽²³⁾⁽³²⁻³⁶⁾

El objetivo de este tratamiento es obtener una barrera apical, para prevenir el paso de toxinas y bacterias a los tejidos periapicales desde el conducto radicular y crear un ambiente que conduzca a la producción de una barrera tisular mineralizada o formación del extremo radicular del diente permanente inmaduro.⁽³⁷⁻³⁹⁾

3.5.2. Endodoncia regenerativa

La endodoncia regenerativa (ER) temprana se remonta a mediados del siglo XX, según los algunos autores, la ER consiste en la investigación de factores de crecimiento, cultivo de tejidos y materiales en ingeniería. Regenerativo proviene de "regenerar", es decir, "generar de nuevo" nuevas células, nuevos tejidos y, en última instancia, nuevos órganos. El objetivo final es restablecer la forma y función iniciales de la estructura dañada. Para lograr esto, sería necesario mejorar los procesos de curación local o replicarlos utilizando materiales externos; en otras palabras, "para reemplazar o regenerar células, tejidos u órganos humanos; para restaurar o establecer el funcionamiento normal". Esta necesidad condujo al desarrollo de una ciencia traslacional completamente nueva: la medicina y la odontología regenerativa. Sus características únicas permiten su propio crecimiento y regeneración científica a partir de vínculos bidireccionales con la investigación médica, así como con las estrategias terapéuticas clínicas y, por último, pero no menos importante, con la educación médica. Los principales actores del proceso de regeneración están representados por las células madre y sus nichos, que pueden considerarse juntos como un todo funcional: la "unidad de células madre".⁽⁴⁵⁾

La terapia de endodoncia regenerativa brinda la esperanza de convertir el diente no vital en vital una vez más. Se centra en la sustitución de la pulpa traumatizada y patológica por tejido pulpar funcional. La Asociación Estadounidense de Endodoncistas (AAE) define la endodoncia regenerativa como los procedimientos de base biológica diseñados para

reemplazar fisiológicamente las estructuras dentales dañadas, incluidas la dentina y las estructuras radiculares, así como las células del complejo pulpa-dentina y tiene como objetivo brindar un entorno adecuado (microambiente biomimético), para promover la regeneración/repación natural con una pared pulpa-dentina funcional y un cierre apical.⁽³³⁾⁽¹⁶⁾⁽⁵⁸⁻⁶⁷⁾

El objetivo principal de los procedimientos de endodoncia regenerativa es la curación de la periodontitis apical. El objetivo secundario es aumentar el grosor de la pared de la raíz y / o la longitud de la raíz. El objetivo terciario es recuperar una respuesta positiva a las pruebas pulpares. Tanto los objetivos secundarios como los terciarios son deseables, pero posiblemente no esenciales para determinar el éxito clínico.⁽⁵⁶⁾

En 2004, propusieron un protocolo de tratamiento para el manejo de estos dientes denominado "revascularización". Este protocolo fue adoptado por la Asociación Americana de Endodoncia, y por la Sociedad Europea de Endodoncia con pequeños cambios. El tratamiento se denominó "endodoncia regenerativa", también conocida como revascularización o revitalización, son una terapia alternativa contemporánea a la apexificación para los dientes permanentes inmaduros diagnosticados con necrosis pulpar y periodontitis apical. El desafío, sin embargo, es la restauración de la arquitectura del tejido y la función biológica de los tejidos dañados por tejido similar al tejido original. Este tratamiento alternativo permite la formación continua de la raíz y el cierre apical, luego de una desinfección exitosa del conducto radicular, una matriz adecuada para el crecimiento de tejido nuevo hacia el interior y un sello eficaz del acceso coronal son vitales para un resultado satisfactorio, sin olvidar un suministro de células madre para que la revascularización pueda completarse con éxito. La terapia de endodoncia regenerativa (RET) se ha recomendado principalmente en el manejo de dientes con raíces muy cortas (menos de ½ la longitud de la raíz), donde el pronóstico a largo plazo está considerablemente comprometido. En las modalidades convencionales, el tratamiento finaliza con la obturación del canal vacío en lugar de darle la oportunidad de llenarse con tejido biológico.⁽²³⁾⁽⁵¹⁻⁵⁷⁾

La base de los procedimientos de endodoncia regenerativa es la utilización de la tríada de ingeniería de tejidos. Las células madre para la ingeniería de tejidos de la pulpa dental podrían dividirse en dos estrategias amplias: enfoques basados en células que se basan en el trasplante de células madre en el conducto radicular, y enfoques libres de células o localización celular que dependen de la quimio-atracción del huésped células en el conducto radicular. La elección primaria de células son típicamente las células madre específicas de tejido residentes. En el caso de la pulpa dental, las células madre de la pulpa dental de los dientes permanentes (DPSC) y las células madre de la papila apical (SCAP) son células madre específicas de tejido. Las células madre pueden sobrevivir en un ambiente punitivo como en el tejido infectado necrótico bacteriano. Los factores de crecimiento son necesarios para la diferenciación odontoblástica y la regulación de las células madre. Los andamios proporcionan estructuras de organización para que las células madres se distribuyan y

dispongan para proliferar y diferenciarse en odontoblastos. La formación de coágulos es el andamio más utilizado en la endodoncia regenerativa. Aunque no siempre es posible provocar sangrado en el conducto radicular, los investigadores han comenzado a examinar otros andamios tridimensionales. Sin embargo, los concentrados de plaquetas se han propuesto como un posible modelo de andamio para las técnicas de endodoncia regenerativa.⁽¹²⁾⁽⁶⁴⁾⁽⁶⁵⁾

Posteriormente, se identificaron y caracterizaron poblaciones similares a las células madre mesenquimales dentales de otros tejidos dentales: células madre de dientes deciduos exfoliados humanos, células madre del ligamento periodontal, células precursoras del folículo dentario, y las células madre de la papila apical. Entre estas células madre, las células madres de la pulpa dental y las células madres de dientes deciduos exfoliados son más atractivas como fuentes de células para la medicina regenerativa que otras poblaciones similares a las células madres mesenquimales dentales debido a su fácil acceso, la proteína morfogénica ósea y el factor de crecimiento endotelial vascular, FGF-2 y TGF son los principales morfógenos que se utilizan con frecuencia junto con las células madre/progenitoras dentales para inducir una variedad de actividades celulares e inducir diversas estructuras tisulares, incluso cuando se utilizan en concentraciones muy bajas. Se demostró que el factor de crecimiento endotelial vascular y el factor de crecimiento de los fibroblastos mejoran la angiogénesis y la neovascularización en pulpas dentales humanas cortadas, mientras que se sugiere que las proteínas morfogénicas ósea inducen la formación de nueva dentina. Los andamios utilizados para la regeneración del complejo dentina-pulpa incluyen vidrio polimérico, cerámico y bioactivo, por lo que el andamio transporta moléculas bioactivas que pueden albergar, estimular y promover la diferenciación de las células madre / progenitoras residentes en el tejido. Las células madres de la pulpa dental se aíslan de tejido pulpar humano adulto de terceros molares impactados, dientes de ortodoncia y dientes supernumerarios, y se han caracterizado como células con intensa clonogenicidad, actividad proliferativa y la capacidad de formar nódulos mineralizados.⁽⁶⁶⁾⁽⁵⁴⁾⁽⁶⁷⁾⁽⁶⁸⁾

La regeneración pulpar no puede tener lugar sin revascularización o angiogénesis pulpar se define como la reintroducción de la vascularización en el sistema de conductos radiculares. Los vasos sanguíneos son componentes indispensables de la pulpa dental, la regeneración pulpar se considera incompleta sin una capa odontoblástica que recubre la superficie de la dentina, fibras nerviosas nociceptivas, simpáticas y parasimpáticas, además de fibroblastos intersticiales y, lo que es más importante, células madre / progenitoras que sirven para reponer todas las células pulpares en la pulpa regenerada cuando sufren apoptosis y renovación. En consecuencia, la endodoncia regenerativa puede seguir siendo un término demasiado optimista, ya que los resultados del tratamiento son reparadores en lugar de regenerativos.⁽³⁶⁾⁽⁶⁵⁾⁽⁸⁰⁻⁸³⁾

- Revascularización pulpar = inducción de angiogénesis en el conducto radicular tratado endodónticamente.

- Regeneración pulpar = revascularización pulpar + restauración de odontoblastos funcionales y / o fibras nerviosas.

La AAE publicó una declaración de posición para informar a todos los pacientes y médicos que la endodoncia regenerativa es un procedimiento legítimo para que lo realicen los endodoncistas. También señalaron que la Terminología Dental Actual de la Asociación Dental Americana (ADA) 2011-2012 emitió códigos clínicos (D3351, D3352, D3353, D3354) para la regeneración pulpar dentro de la sección de endodoncia del documento, reconociéndolo como un procedimiento endodóntico. Más recientemente, la Sociedad Europea de Endodoncia (ESE) también ha publicado una declaración de posición para afirmar que los procedimientos de revitalización en dientes inmaduros después de la necrosis pulpar se han convertido en parte del espectro del tratamiento endodóntico y deben considerarse como una alternativa a la apexificación. Sin embargo, en la actualidad, la enseñanza de la Revascularización Apical está incorporada en los programas de formación en endodoncia de posgrado en los Estados Unidos. La Sociedad Europea de Endodoncia adoptó recientemente RA. Las sociedades dentales y / o de endodoncia en China y varios otros países asiáticos están en el proceso de adoptar RA.⁽¹⁰⁾⁽³²⁾⁽⁴¹⁾⁽⁷³⁾

3.6. Tratamientos en la práctica clínica realizados en dientes permanentes inmaduros con problemas de formación radicular.

Biomateriales utilizados en la práctica clínica aplicados en dientes permanentes inmaduros con problemas de formación radicular.

Biomaterial	Propiedades	Ventajas	Desventajas
Acemanano	Un polisacárido natural extraído del <i>Aloe vera</i> tiene muchas propiedades medicinales, por ejemplo, proliferación celular, osteogénica, inmunomoduladora y antimicrobiana, que promueven la cicatrización de heridas. ⁽¹³⁾	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Induce la cicatrización pulpar y la formación de dentina in vitro e in vivo. El acemanano regula al alza la expresión del factor de crecimiento y la síntesis de la matriz extracelular, que desempeñan funciones esenciales en la deposición de minerales. 	
		Bajo costo	
Hidróxido de calcio	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Disminuye el edema ➤ Destruye el exudado ➤ Genera una barrera mecánica de cicatrización apical ➤ Sella el sistema de conductos ➤ Equilibrada toxicidad al ser mezclado con solución fisiológica o anestecia ➤ Disminución de la sensibilidad (por efecto sobre la fibra nerviosa) ⁽⁵⁴⁾⁽⁹³⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Un material de recubrimiento pulpar ideal proporciona un fácil manejo, control de infecciones, buena capacidad de sellado e inducir la formación de puentes dentinarios. ➤ Excelentes propiedades antibacterianas y la capacidad de inducir la formación de puentes reparadores cuando se aplica a los tejidos pulpares. ⁽¹⁸⁾ ➤ El hidróxido de calcio aumenta el reclutamiento, migración, proliferación y mineralización de las células madre de la pulpa dental y células madre del ligamento periodontal a través de la expresión de marcadores STRO-1 y CD146. ^{(20) (22)} ➤ El pH alcalino puede presentar efectos antibacterianos y antiinflamatorios, activar el factor de crecimiento transformante β (TGF-β), aumentar la actividad de la fosfatasa alcalina y potenciar la disolución de la matriz extracelular de dentina (MEC). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Una de las desventajas es la calcificación distrófica en los conductos radiculares se creará después del procedimiento de pulpotomía con hidróxido de calcio. Esta calcificación puede reducir el suministro de sangre, lo que podría conducir a la necrosis pulpar. Por lo tanto, el tratamiento del conducto radicular se realiza después del cierre apical completo. ➤ Produce un puente dentinario que contenga múltiples defectos y porosidades, la falta de cualidades adhesivas inherentes, la disolución con el tiempo y la incapacidad de proporcionar un sello a largo plazo contra la microfiltración pueden explicar su incapacidad para suprimir la inflamación.

Biomaterial	Propiedades	Ventajas	Desventajas
			<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se detectaron zonas de obliteración y necrosis por coagulación superficiales a la dentina reparadora debido al pH muy básico de algunas sustancias inorgánicas de hidróxido. ⁽¹⁸⁾
<p align="center">Agregado de trióxido mineral MTA</p>	<p>El agregado de trióxido mineral está compuesto de silicato tricálcico, óxido tricálcico, aluminato tricálcico, óxido de silicato y óxidos de bismuto agregados para radiopacidad. Es un material biocompatible y forma un puente grueso para sellar y preservar el tejido pulpar bajo él.</p> <p>El MTA es un material que tiene menos fugas, mejores propiedades antibacterianas, alta adaptación marginal, tiempo de fraguado corto (4 h) y un pH de 12,5. ^{(18-22) (25)}</p> <p>Propiedades</p> <ul style="list-style-type: none"> • PH alcalino de 12,5 • Baja solubilidad en agua • Buena biocompatibilidad • Radiopacidad • Capacidad bacteriostático y antifúngico. • No es reabsorbible • Es frágil en ambiente húmedo • Largo tiempo de fraguado 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Capacidad superior para mantener la integridad del tejido pulpar y produce un puente dentinario más grueso y menos poroso a un ritmo más rápido. ⁽²⁰⁾ ➤ Es capaz de disminuir la inflamación pulpar, y presenta una toxicidad significativamente menor y necrosis pulpar que es estadísticamente significativa en comparación con el hidróxido de calcio que se detectaron en las evaluaciones histológicas. ⁽¹⁸⁾ ➤ Mejor capacidad en apexogénesis, capacidad de desinfección, biocompatibilidad y falta de citotoxicidad. ⁽²⁷⁾ ➤ Es capaz de simular a los fibroblastos gingivales humanos (HGF) para que produzcan proteína morfogenética ósea (BMP)-2 y factor de crecimiento transformante (TGF)β-1, que son dos contribuyentes importantes que conducen a respuestas biológicas favorables del MTA. ⁽²⁵⁾ ➤ También libera hidróxido que induce la formación de dentina cuando se aplica a la pulpa vital. La liberación de iones de calcio y OH del MTA puede ser esencial para la curación del tejido pulpar con la formación de puentes, lo cual es similar a los materiales de hidróxido de calcio. ^{(27) (93)} 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Existen aspectos negativos del MTA, como su tiempo de fraguado prolongado de aproximadamente 2 h y 45 min y la dificultad de manejo del MTA polvo-líquido en comparación con las formulaciones de pasta de Ca (OH) 2. ➤ La presencia de hierro en la formulación gris de MTA puede decolorar el diente. Decoloración de la corona que conduce a una mala estética a largo plazo. Contribuye a una mayor fragilidad de la dentina y a una disminución de la resistencia a la fractura del diente. ⁽⁷⁴⁾⁽²³⁾ ➤ Es difícil de remover ➤ Difícil de aplicar en conductos estrechos. ➤ Requiere una manipulación precisa

Biomaterial	Propiedades	Ventajas	Desventajas
		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aumenta la resistencia a la fractura de los dientes con paredes dentinarias delgadas. Al ser un material bioactivo, tiene la capacidad de promover la formación de tejido duro aumentando el grosor de las paredes dentinarias laterales y, por lo tanto, aumentando la resistencia a la fractura de las raíces frágiles. El MTA se puede utilizar en dientes con necrosis pulpar y lesiones periapicales inflamadas porque puede asentarse en ambientes húmedos.^{(10) (43) (94)} ➤ Induce una inflamación mínima en el tejido pulpar y aumenta significativamente la secreción de IL-1β en la pulpa; proporcionando así condiciones favorables para la regeneración de la pulpa. ➤ El MTA utiliza mecanismos complejos para proporcionar una superficie apropiada (andamio) para la adhesión de las células progenitoras. También activa las funciones de interacción celular, en última instancia estimula la dentinogénesis reparadora continua a lo largo de la raíz e induce el desarrollo fisiológico de la raíz.⁽²⁹⁾ 	
<p>Derivado de la matriz del esmalte (EMD)</p>	<p>El derivado de la matriz del esmalte (EMD) es un enfoque novedoso para estimular la regeneración periodontal. Se ha demostrado que las proteínas de la matriz del esmalte producidas a partir de la vaina de la raíz epitelial de Hertwig a través del desarrollo del diente juegan un papel importante en la cementogénesis, la formación ósea y la regeneración periodontal.⁽⁴⁰⁾</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La EMD, debido a su fracción rica en proteínas amelogenina y amelin, tiene el potencial de inducir un proceso que parece imitar la dentinogénesis normal; influye claramente en los odontoblastos y las células endoteliales de los capilares pulpares para crear una barrera dura y calcificada sobre la exposición pulpar.⁽²⁷⁾ 	

Biomaterial	Propiedades	Ventajas	Desventajas
<p>El cemento de mezcla enriquecida con calcio (CEM)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tiene muchas características deseables, como la biocompatibilidad, la integridad del tejido pulpar y las características positivas de manipulación lo han convertido en un cemento favorable.⁽²²⁾ ➤ Este biomaterial endodóntico a base de agua del color del diente es una mezcla biocompatible que consta principalmente de una variedad de compuestos de calcio. El cemento CEM es potencialmente capaz de formar hidroxiapatita (HA) mediante el uso de fuentes autóctonas de las que se liberan iones de calcio y fosfato. El AH producido entonces induce la formación de una barrera dentinaria.⁽³⁵⁾ ➤ Ph 10,71 ➤ Tiempo de fraguado 50min ➤ Antibacteriano ➤ Baja toxicidad ➤ Capacidad similar al MTA 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Especialmente su mejora en el tema de la decoloración del diente, la manipulación y los efectos bactericidas, el cemento CEM podría ser un biomaterial apropiado para ser utilizado en VPT en dientes de ápice abierto. ➤ Fragua en medios acuosos, tiene una excelente actividad antibacteriana y un corto tiempo de fraguado (menos de 1 h). ➤ Además, el cemento CEM tiene una capacidad de sellado similar a la del MTA.⁽²²⁾ ➤ Biocemento CEM tiene la capacidad de inducir la diferenciación de las células madre de la pulpa dental humana. ➤ El cemento de mezcla enriquecida con calcio (CEM) se utiliza en diferentes técnicas de VPT. 	
<p>BiodentineTM</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ BiodentineTM Posee propiedades clínicas superiores, como un buen sellado, una mayor resistencia a la compresión, una menor porosidad, una mayor densidad y bioactividad, liberación de iones que actúan como señales epigenéticas, formación inmediata de hidróxido de calcio, capacidad de biomineralización, biointeractividad y estabilidad del color en comparación con el MTA.⁽⁷⁵⁾ ➤ Los materiales a base de silicato de calcio son materiales hidráulicos con propiedades 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Varios estudios vitro e in vivo han demostrado que la formación de puentes de dentina y la formación de dentina radicular es más homogénea que la formada por los materiales a base de hidróxido de calcio.⁽⁷⁶⁾ ➤ Está disponible como un sistema de cápsula-ampolla que contiene el polvo y el líquido respectivamente. ➤ Su composición tiene ventajas; Hidráulica silicato de calcio estimula el reclutamiento de las células de la pulpa para que se diferencien en odontoblastos para promover la 	

Biomaterial	Propiedades	Ventajas	Desventajas
	<p>fisicoquímicas intrínsecas adecuadas para la terapia pulpar.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Libera hidróxido de calcio ➤ Ph 12,24 ➤ Antibacteriano ➤ Osteoinductores ➤ Dimensionalmente estable ➤ Fácil de manipular y eliminar ➤ No produce pigmentación dental ➤ Resistencia a la compresión ➤ Radioopacidad ➤ Solubilidad 	<p>dentinogénesis, mediante la regulación de factores de transformación El carbonato de calcio en el polvo proporciona un lugar para la nucleación, para el crecimiento de cristales y la mineralización. El óxido de circonio proporciona una radiopacidad adecuada y garantiza la estabilidad, asegurando que no se produzca El óxido de circonio proporciona una radiopacidad adecuada y garantiza la estabilidad, asegurando la ausencia de lixiviación y, por tanto, de decoloración externa, a diferencia de los materiales que contienen óxido de bismuto.⁽⁷⁶⁾</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Un menor tiempo de fraguado, una mejor resistencia a la compresión y capacidad de sellado. Capacidad de regeneración del tejido duro.⁽²²⁾ 	
BioAggregate (BA)	<p>Desarrollado Innovative Bioceramic 2007. Composición:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Silicato tricálcico ➤ Silicato dicálcico ➤ Fosfato de calcio monofásico ➤ Dióxido de silicio amorfo ➤ Pentóxido de tantalio 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Muestra una mayor resistencia a los ácidos, ejerce un efecto de fortalecimiento a más largo plazo en los dientes debilitado y tiene menos potencial de decoloración que el MTA. Ha demostrado un éxito similar al MTA en el tratamiento de dientes inmaduros.⁽⁷⁷⁾ ➤ Tiempo de fraguado 4 a 6 horas ➤ Insoluble 	
(Biofil-AB)	<p>El colágeno es un biomaterial único con propiedades excepcionales que incluyen baja respuesta inmune, baja toxicidad, capacidad para promover la unión y el crecimiento celular, entre otras. En medicina y odontología también se han utilizado otras propiedades como facilitar la</p>		

Biomaterial	Propiedades	Ventajas	Desventajas
	<p>maduración de la herida al mejorar el coágulo sanguíneo inicial y la formación de enlaces de fibrina, ayudar en la cicatrización de la herida atrayendo monocitos y otras células inflamatorias.⁽⁷⁸⁾</p>		
<p>Bio-Oss</p>	<p>Se deriva de hueso esponjoso bovino y todos los componentes orgánicos y patógenos se eliminan mediante extracción química. Se ha demostrado que Bio-Oss tiene propiedades morfológicas y estructurales bastante similares al hueso humano. Debido a la topografía rugosa y su potencial en la proliferación y síntesis de la matriz ósea, Bio-Oss es el biomaterial más utilizado en los procedimientos de regeneración ósea.⁽⁴⁰⁾</p>	<p>➤ Mezcla de EMD y Bio-Oss para la apexificación; que tiene grandes ventajas, incluida una gran manipulación, ya que se adhiere a su soporte y se puede guiar dentro del canal, no es necesario esperar a que finalice el tiempo de fraguado, la salida del ápice no tiene efectos nocivos en la cicatrización y es completamente absorbente y actúa como un agente osteoconductor.⁽⁴⁰⁾</p>	
<p>Pasta Triple Antibiótica (TAP)</p>	<p>La pasta triantibiótica es ampliamente empleada como medicamento intracanal. Consta de dos partes: líquido y polvo, el polvo está formado por una combinación de tres antibióticos los cuales son: metronidazol, ciprofloxacina y minociclina en una proporción de y la parte líquida está formado por una combinación de Macrogol y Propylen Glicol, también en proporción 1:1, estos últimos actúan como vehículos transportadores de los antibióticos.⁽⁵⁰⁾</p>	<p>La pasta triantibiótica tiene una característica especial y es que al usarla como medicamento intracanal para la desinfección del canal de la raíz durante procedimientos regenerativos, es capaz de eliminar las bacterias de tejidos dentales infectado, por la capacidad que tiene de difundirse a través de los conductos radiculares hasta la zona periapical y ejercer su acción bactericida.⁽⁵⁰⁾</p>	<p>En altas concentraciones, tiene efectos citotóxicos sobre las células madre y reduce la mineralización y, cuando se incluye minociclina, puede causar una decoloración significativa de los dientes.⁽⁵⁰⁾</p>

3.6.1. Terapia pulpar vital en la práctica clínica en dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta.

Tras la una exposición traumática o mecánica de un diente permanente joven y vital con un desarrollo radicular incompleto; existen varios tratamientos para continuar con la apexogénesis, el mismo que puede lograrse mediante la aplicación de una terapia pulpar vital adecuada, como el recubrimiento pulpar (directo o indirecto) o la pulpotomía (parcial o completa); y colocación de un biomaterial en el sitio de exposición pulpar. Las indicaciones clínicas comunes para la terapia vital pulpar son los casos que demuestran signos de pulpitis reversible, o cuando la pulpa queda expuesta durante la eliminación de la caries o después de una lesión traumática. Está casi consensuado que la vitalidad de la pulpa debe conservarse para fomentar la maduración radicular continuada en los dientes permanentes inmaduros.⁽³¹⁾

El recubrimiento pulpar indirecto puede ser en una o dos visitas en los dientes permanentes jóvenes puede resultar en una alta tasa de supervivencia y tener éxito con un enfoque de una o dos visitas. El método de tratamiento de dos visitas implica la excavación escalonada de la caries profunda en dos pasos. La capa más externa de la dentina infectada se eliminará en el primer paso, dejando una masa cariosa sobre la pulpa. La eliminación de las caries restantes y la colocación de una restauración final se realiza en el segundo paso. La formación de dentina reparadora y un diagnóstico pulpar definitivo se evaluarán después de 6-8 semanas. Una restauración sellada adecuadamente es esencial para ambos pasos. Se han recomendado una variedad de materiales como: biocerámica, biodentina, cemento CEM, cemento de fosfato tricálcico, ZOE, Ca (OH) 2 y MTA.⁽²³⁾

Para preservar la vitalidad de la pulpa de los dientes permanentes inmaduros traumatizados con formación incompleta de las raíces es el criterio más importante para la supervivencia de los dientes inmaduros porque una pulpa vital puede proporcionar nutrición para las actividades metabólicas, dentinogénesis, funciones biosensoriales, defensa contra irritantes nocivos y, finalmente, estimular el desarrollo normal continuo de las raíces. En comparación con los tratamientos de conducto radiculares convencionales, el mantenimiento de la vitalidad pulpar en los dientes con formación radicular incompleta requiere la preservación de la zona rica en células coronarias y los tejidos pulpares radiculares. Un criterio importante adicional es la selección de un material de terapia pulpar vital que pueda iniciar respuestas biológicas en el tejido pulpar. Se sabe que el MTA puede actuar como material de recubrimiento pulpar en la terapia pulpar vital y tiene una interacción óptima con el tejido pulpar; por lo tanto, puede proporcionar un andamio adecuado para la dentinogénesis reparadora. Además, la pulpa dental tiene una capacidad de reparación / regeneración natural; por ejemplo, el fluido del tejido pulpar es rico en iones fosfato. Cuando se coloca MTA sobre el tejido pulpar expuesto, una reacción química entre el fluido del tejido pulpar y el óxido tricálcico en el MTA da como resultado la producción de hidróxido de calcio. El hidróxido de calcio libera una gran cantidad de iones Ca^{2+} , y tanto los iones Ca^{2+} como los iones fosfato son críticos para el metabolismo óseo. Se produce una reacción continua entre

estos dos tipos de iones, lo que conduce a la precipitación de cristales de hidroxiapatita (HAP). Al principio, probablemente hay una precipitación continua de cristales de HAP en el MTA debido a su estructura porosa. Con el tiempo, con la disolución gradual de MTA, los cristales de HAP se nuclean, crecen y se depositan en la superficie de MTA. En última instancia, se forma una capa gruesa de calcificación distrófica con estructuras integradas (es decir, un puente dentinario) a lo largo del MTA. Posteriormente, las células pulpares migran, se adhieren a los cristales de HAP y permiten la continuación de la dentinogénesis con otras biomoléculas. Estudios realizados en dos incisivos centrales superiores en una paciente de siete años con raíces inmaduras y fractura de corona complicada fueron tratados exitosamente con MTA blanco después de una pulpotomía vital cervical. Otro caso de un paciente con pulpitis irreversible, en un molar izquierdo mandibular, se ha seleccionado la pulpotomía con MTA como procedimiento de terapia vital pulpar, que permitió que la raíz inmadura completara su desarrollo y cierre apical. ⁽³⁶⁾⁽⁷⁹⁾

Muchos autores afirman que el agregado de trióxido mineral (MTA) es un agente de pulpotomía aceptado universalmente. Por los inconvenientes que presenta el MTA, se están proporcionando opciones alternativas de agentes de apósito para pulpotomía para proporcionar una inducción más significativa de la formación de dentina, una mayor biocompatibilidad y una mejor rentabilidad. La mezcla enriquecida con calcio (CEM), la fibrina rica en plaquetas (PRF) y la mezcla de antibióticos como la pasta triple antibiótica (TAP) también se administran en el tratamiento de la pulpotomía en dientes permanentes inmaduros. Sabbagh S presenta un caso de un molar permanente inmaduro con pulpitis irreversible asociada a periodontitis apical en un niño de 9 años. Se realizó pulpotomía cervical y se cubrieron muñones pulpares radiculares con cemento de mezcla enriquecida con calcio (CEM); Luego se restauró el diente con corona de acero inoxidable. Después de un período de seguimiento de 50 meses, el molar pulpotomizado era clínicamente funcional y asintomático. Además, la evaluación radiográfica reveló evidencia de un desarrollo completo de la raíz, así como un ligamento periodontal normal alrededor de las raíces. ⁽³⁴⁾⁽³⁵⁾

Otro de los materiales utilizados es el nuevo cemento de silicato tricálcico Biodentine™, que al igual que el MTA permite el desarrollo radicular continuo a lo largo de toda la longitud de la raíz. Este material es utilizado en pulpotomía. Martens. Presenta un informe de un caso con 2 y 1 fracturas complicadas de esmalte y dentina en incisivos permanentes inmaduros fueron tratados con Biodentine™. El plan de tratamiento en estos casos consistió en mantener la vitalidad de la pulpa con el objetivo de lograr la apexogénesis, que permite el desarrollo radicular continuo a lo largo de toda la longitud de la raíz. Mostró éxito en una evaluación clínica y radiográfico de un desarrollo radicular continuo y una curación periapical, en un seguimiento de 48 meses. También se describe el uso exitoso de cemento de mezcla enriquecida con calcio (CEM) y Biodentine en el tratamiento de la apexogénesis en dos pacientes de 8 años, uno con molar permanente inmaduro diagnosticado con pulpitis irreversible y el otro con incisivo central maxilar parcialmente vital. Después de la

preparación de la cavidad de acceso, se realizó una pulpotomía parcial en el molar y una pulpotomía completa en el central, y se tapó el resto de las pulpas con Biodentine o cemento CEM en cada diente. Las coronas fueron restauradas con material de obturación compuesto en la siguiente visita. Los exámenes clínicos y radiográficos postoperatorios (aproximadamente 16 meses en promedio) mostraron que ambos dientes tratados permanecieron funcionales, con desarrollo completo de la raíz y formación del ápice. Se produjo un puente calcificado debajo del material de recubrimiento. No fue necesaria ninguna otra intervención endodóntica. Teniendo en cuenta el potencial de curación de las pulpas vitales inmaduras, el uso de cemento CEM y Biodentine para la apexogénesis podría ser una opción aplicable. Estos nuevos biomateriales endodónticos podrían ser apropiados para terapias pulpares vitales en un diente inmaduro.⁽²²⁾⁽⁷⁵⁾

Recientemente, las partículas de colágeno se han utilizado con éxito como medicamentos para pulpotomía en dientes permanentes. Este caso clínico muestra el uso de partículas de colágeno como apósito pulpar en un diente permanente joven traumatizado de un niño de nueve años que presenta una fractura complicada del incisivo central superior izquierdo permanente joven. Se realizó pulpotomía parcial con partículas de colágeno (Biofil-AB) como apósito pulpar. A los seis meses de seguimiento, se encontró que la apexogénesis estaba casi completa. Por tanto, el colágeno puede considerarse como un posible medicamento pulpar para los procedimientos de apexogénesis. En el presente caso, se utilizaron partículas de colágeno (Biofil-AB; Eucare Pharmaceuticals, Chennai, India) con antibióticos como medicamento pulpar. Biofil-AB son partículas de colágeno de tipo I medicadas y estériles que se liofilizan y se incorporan con muciprocina al 2% p / p y metronidazol al 1% p / p.⁽⁷⁸⁾

3.6.2. Tratamientos en la práctica clínica de dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar y absceso periapical.

3.6.2.1. Apexificación

Se puede realizar de dos maneras: el procedimiento tradicional a largo plazo utilizando un apósito de hidróxido de calcio para estimular la formación de una barrera de tejido duro biológico, y el procedimiento más reciente a corto plazo, creando un tapón apical artificial con MTA. La apexificación se realiza con mayor frecuencia en dientes anteriores que han perdido vitalidad debido a una lesión traumática o a una lesión cariosa profunda, y en dientes con variaciones anatómicas como el dens invaginatus con una raíz inmadura.⁽⁵¹⁾

3.6.2.2. Apexificación con hidróxido de calcio

Fue históricamente el tratamiento de elección para los dientes necróticos con ápices abiertos. Se ha cuestionado la idoneidad del uso de la pasta de hidróxido de calcio para la apexificación porque implica un tiempo de tratamiento prolongado y el pronóstico siempre es incierto. El tiempo promedio para la formación de la barrera apical varía de 3 a 17 meses, lo que requiere

múltiples visitas para el reemplazo de material y retrasos en la construcción de la restauración definitiva. La exposición prolongada del tejido al hidróxido de calcio puede debilitar la estructura de la raíz, lo que da como resultado fracturas cervicales, además de inducir necrosis ósea periapical cuando hay sobrellenado del material.⁽⁸⁰⁾⁽⁸¹⁾⁽⁸²⁾⁽⁸³⁾⁽⁸⁴⁾

Este procedimiento consiste en abrir un acceso a la pulpa, limpiar el canal con agentes de irrigación y limas manuales (generalmente un poco más cortas al ápice), y aplicar una pasta de hidróxido de calcio que se reemplaza periódicamente para promover una respuesta de curación más rápida; se recomienda el primer reemplazo después de 4-6 semanas, luego cada 2-3 meses hasta que el operador sienta una barrera al sondear el ápice con una lima endodóntica. Después de esto, se recomienda esperar otros 3 meses para finalizar el procedimiento. Una vez completada la barrera mineralizada, el conducto dentario se rellena con gutapercha y sellador.⁽³⁸⁾⁽⁴¹⁾⁽⁸⁵⁾

El uso de hidróxido de calcio fue introducido por primera vez por Kaiser en 1964, quien propuso que este material mezclado con paraclorofenol alcanforado (CMCP) induciría la formación de una barrera calcificada a través del ápice. El hidróxido de calcio se puede mezclar con varias sustancias diferentes (monoclorofenol alcanforado, agua destilada, solución salina, soluciones anestésicas, clorhexina y cresatina) para inducir el cierre apical.⁽⁸⁶⁾

3.6.2.3. Apexificación con "tapón de MTA apical"

Es un método para inducir el cierre apical en dientes no vitales con formación radicular incompleta y actúa formando una barrera mineralizada. La apexificación con MTA o de un solo paso implica la compactación no quirúrgica de un material biocompatible en el extremo apical del conducto radicular, creando así un tope apical artificial que permite la obturación inmediata del conducto radicular. Se han descrito numerosos materiales en varios estudios, como la pasta triantibiótica, el hueso liofilizado, la proteína osteogénica y el agregado de trióxido mineral (MTA) que se han utilizado para obtener el cierre del extremo radicular.⁽⁸⁷⁾⁽⁴³⁾⁽⁸⁸⁾⁽⁸⁹⁾

La apexificación con MTA produce resultados comparativamente favorables al tratamiento con hidróxido de calcio a largo plazo, en lo que respecta a la resolución de los síntomas y la patología periapical. A pesar de la ventaja de un menor número de visitas, la apexificación de MTA no parece mejorar la fuerza de la raíz ni producir engrosamiento o alargamiento de las paredes del conducto radicular.⁽⁸⁰⁾⁽⁸⁵⁾

El MTA es un biomaterial con excelente biocompatibilidad y buenas propiedades de sellado que se puede utilizar incluso en presencia de humedad. Además, tanto el paciente como el odontólogo se benefician del uso de MTA ya que se reduce el tiempo total de tratamiento. Sin embargo, la dificultad para colocar el material en el área apical amplia requiere el uso de

una matriz apical. Se han utilizado para este propósito materiales como colágeno, sulfato de calcio e hidroxiapatita. ⁽¹⁾⁽³⁹⁾⁽⁸³⁾⁽⁸⁶⁾⁽⁸⁹⁾⁽⁸⁵⁾⁽⁸⁸⁾

Los procedimientos clínicos para la técnica del tapón apical MTA comprenden una primera visita para acceder al canal, irrigar con hipoclorito de sodio al 2,5% y colocar pasta de hidróxido de calcio durante una semana. En la siguiente sesión, se enjuaga la pasta y se seca el conducto con puntos de papel. Después de mezclar, se aplica MTA con un portador en la parte apical del conducto y se condensa ligeramente hasta que se forma un tapón de 3-4 mm. A continuación, se coloca una bolita de algodón húmedo en el canal para favorecer el endurecimiento de la parte coronal del material con humedad y el diente se cierra con un material de restauración temporal. Después de 72 h, se fija el MTA y se puede realizar una obturación de gutapercha y sellador para el resto del conducto. La cantidad sugerida de MTA que debe insertarse en el canal es tal para obtener suficiente resistencia al desplazamiento y evitar fugas. ⁽⁴¹⁾⁽⁹⁰⁾

Varios estudios clínicos informan que MTA proporciona una alternativa viable para lograr el cierre radicular en dientes inmaduros o fracturas radiculares, incluso en casos con un ápice abierto. El tiempo necesario para la formación de la barrera es significativamente menor en los dientes tratados con MTA en comparación con los dientes tratados con Ca (OH)₂. Encontrando una tasa de éxito de apexificación más alta en el grupo de MTA en comparación con el grupo de control de hidróxido de calcio. ⁽⁴⁴⁾⁽⁹¹⁾ Entre los estudios actuales que utilizan MTA para realizar la aposición de la barrera del ápice, tenemos el estudio de quienes analizaron la apexificación en una visita colocando un tapón apical de fibrina rico en plaquetas (PRF) y MTA, en el que se utilizó PRF como matriz apical y posterior colocación del MTA ya que la fibrina rica en plaquetas tiene varias ventajas, entre ellas la facilidad de preparación y falta de manipulación bioquímica de la sangre, lo que hace que esta preparación sea estrictamente autóloga. La PRF también se asocia con un aumento lento y continuo de los niveles de citocinas. Los leucocitos en el PRF actúan como antiinflamatorios, un agente antiinfeccioso, el regulador de la respuesta inmune y proporcionan el factor de crecimiento endotelial vascular para promover la angiogénesis. ⁽⁴³⁾⁽⁸²⁾

Razavian H. et al. Presentan un nuevo método de apexificación utilizando una combinación de mineral óseo bovino desproteínizado (DBBM) y derivado de la matriz del esmalte (EMD). Después de irrigar el canal del canino superior derecho con hipoclorito de sodio al 2.5%, se empaquetó una mezcla de BioOss y EMD en la región apical para la formación de una barrera apical y se obtura el canal mediante la técnica de gutapercha termoplástica con sellador AH26; El sellado coronal se logró mediante un compuesto unido con resina. El tamaño de la lesión periapical disminuyó significativamente después de 3, 6, 12 y 18 meses. El paciente no presentaba signos radiográficos ni síntomas clínicos a los 24 meses de seguimiento y se logró la maduración completa del ápice y la curación del hueso periapical. ⁽⁴⁰⁾

3.6.2.4. Endodoncia regenerativa

Consideraciones clínicas de la Asociación Estadounidense de Endodoncia para un procedimiento regenerativo.

Selección de caso:

- Diente con pulpa necrótica y ápice inmaduro.
- No se necesita espacio pulpar para la restauración final del poste/ muñón
- Paciente / padre obediente.
- Pacientes no alérgicos a medicamentos y antibióticos necesarios para completar el procedimiento (ASA 1 o 2).

Consentimiento informado

- Dos (o más) citas.
- Uso de antimicrobianos.
- Posibles efectos adversos: tinción de la corona / raíz, falta de respuesta al tratamiento, dolor / infección.
- Alternativas: apexificación de MTA, sin tratamiento, extracción (cuando se considere no recuperable).
- Permiso para ingresar información en la base de datos de AAE (opcional).

Primera cita

- Anestesia local, aislamiento y acceso del dique dentario.
- Irrigación abundante y suave con NaOCl al 1,5% (20 ml / conducto, 5 min) seguida de irrigación con solución salina (20 ml / conducto, 5 min), con la aguja de irrigación colocada aproximadamente a 1 mm del extremo de la raíz.
- Canales secos con puntas de papel.
- Colocar hidróxido de calcio o pasta de triple antibiótico de baja concentración. Si se usa la pasta antibiótica triple: 1) considere sellar la cámara pulpar con un agente adhesivo de dentina (para minimizar el riesgo de manchas) y 2) mezcle ciprofloxacina: metronidazol minociclina 1: 1: 1 hasta una concentración final de 0.1 mg / ml.
- Administrar en el sistema de canales mediante una jeringa.
- Si se usa triple antibiótico, asegúrese de que permanezca por debajo de CEJ (minimice las manchas de la corona).
- Selle con 3-4 mm de un material temporal como Cavit, IRM, ionómero de vidrio u otro material temporal. Despedir al paciente durante 1-4 semanas

Segunda cita (1-4 semanas después de la primera visita)

- Evaluar la respuesta al tratamiento inicial. Si hay signos / síntomas de infección persistente, considere un tratamiento adicional con un antimicrobiano o un antimicrobiano alternativo.
- Anestesia con mepivacaína al 3% sin vasoconstrictor, aislamiento de dique dentario.
- Irrigación abundante y suave con 20ml de EDTA al 17%.
- Secar con puntas de papel.
- Crear hemorragia en el sistema de conductos sobre instrumentos (lima endo, exploración endo) (inducir girando una lima K precurvada a 2 mm más allá del foramen apical con el objetivo de que todo el conducto se llene de sangre al nivel de unión cemento-esmalte). Detenga el sangrado a un nivel que permita 3-4 mm de material de restauración.
- Coloque una matriz reabsorbible como CollaPlug, Collacote, CollaTape u otro material sobre el coágulo de sangre si es necesario y MTA / Ca OH blanco como material de cobertura. Una capa de 3-4 mm de ionómero de vidrio (por ejemplo, Fuji IILCTM, GC America, Alsip, IL) se hace fluir suavemente sobre el material de recubrimiento y se fotopolimeriza durante 40 segundos. Se deben considerar alternativas al MTA (como cementos biocerámicos o de silicato tricálcico [por ejemplo, Biodentine®, Septodont, Lancated, PA, EE. UU., EndoSequence® BC RRM-Fast Set Putty, Brasseler, EE. UU.]) En los dientes donde existe una preocupación estética.
- Dientes anteriores y premolares: considere el uso de Collatape / Collaplug y la restauración con 3 mm de RMGI seguido de unir un composite relleno al margen biselado del esmalte.
- Molares o dientes con corona PFM: considere el uso de Collatape / Collaplug y la restauración con 3 mm de MTA, seguido de RMGI o aleación. Seguimiento (6, 12, 24 meses).

Examen clínico y radiográfico

- No hay dolor, inflamación de los tejidos blandos o tracto sinusal (a menudo se observa entre la primera y la segunda cita).
- Resolución de la radiotransparencia apical (a menudo se observa de 6 a 12 meses después del tratamiento).
- Mayor ancho de las paredes de la raíz (esto generalmente se observa antes del aparente aumento en la longitud de la raíz y ocurre a menudo 12-24 meses después del tratamiento).
- Mayor longitud de la raíz.
- Respuesta positiva a la prueba de vitalidad pulpar

Seguimiento anual recomendado después de los primeros 2 años CBCT es muy recomendable para la evaluación inicial y las visitas de seguimiento. ⁽¹⁰⁾⁽⁵²⁾⁽⁵⁸⁾⁽⁹²⁾

En la práctica clínica los procedimientos para la endodoncia regenerativa son: la desinfección del conducto radicular, medicación intracanal, andamio, células madres y finalmente un sello coronal adecuado.

a. **Desinfección del conducto radicular**

La desinfección se puede realizar mecánicamente, mediante instrumentación del canal, o químicamente, mediante irrigación y medicación intracanal. La desinfección química juega un papel más importante para los dientes inmaduros sometidos a procedimientos de endodoncia regenerativa (REP) porque se permite una mínima instrumentación mecánica en dichos dientes. La clorhexidina (CHX) se ha utilizado en endodoncia como irrigante y como medicación intracanal. El tratamiento regenerativo propuesto generalmente comienza con la desinfección química de los conductos radiculares. Diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio (NaOCl) que incluyen 6%, 5,25%, 2,5% y 1,25% y diferentes concentraciones de clorhexidina (CHX) que incluyen 2% y 0,12% se han utilizado con éxito para este propósito. Gracias a su efecto bactericida, el hipoclorito de sodio es un material de elección para la desinfección del conducto radicular. Sin embargo, para limitar la citotoxicidad, se recomienda que se utilice con una concentración específica (1,5% a 2%). El uso de hipoclorito de sodio seguido de un 17% de irrigación con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) permite una mejor humectabilidad del irrigador y la eliminación de la capa de frotis. Martin et al demostraron que el NaOCl al 6% redujo significativamente la supervivencia y la diferenciación odontogénica de las células madre de la papila apical, mientras que el NaOCl al 1,5% aumentó la expresión de DSPP en las células madre. La liberación de factores de crecimiento de la matriz dentinaria es fundamental para la diferenciación de las células madre. El EDTA es un agente quelante que desmineraliza la dentina, lo que da como resultado la liberación de estos factores de crecimiento. Además, la menor tasa de supervivencia de SCAP debido al uso de NaOCl se puede revertir utilizando EDTA al 20%. La Sociedad Europea de Endodoncia 2016 han publicado una descripción escalonada del protocolo de RET recomendado, basada en la evidencia y de libre acceso, que se actualiza anualmente a medida que surgen nuevas pruebas. ⁽⁵⁶⁾⁽⁵⁷⁾⁽⁶⁰⁾⁽⁶³⁾⁽⁷⁴⁾⁽⁷⁷⁾⁽⁷⁹⁾⁽⁹³⁾⁽⁹⁴⁾

Irrigación de presión negativa apical EndoVac

La preparación mecánica, el hipoclorito de sodio y el hidróxido de calcio fueron las sustancias tradicionalmente recomendadas para combatir la infección del conducto radicular en la endodoncia. Sin embargo, se ha demostrado que estos métodos son ineficaces, principalmente en casos de infecciones persistentes relacionadas con la biopelícula. Se informó que el 90% de las bacterias permanecen positivas después de la irrigación con 10 ml de hipoclorito de sodio al 1,25%. Recientemente, se han introducido la medicación intracanal de antibióticos, el sistema de irrigación de presión negativa apical EndoVac, la irrigación asistida por ultrasonidos y la irradiación con láser para desinfectar los conductos radiculares.

(71)

Desinfección fotoactivada

Últimamente, el concepto de desinfección fotoactivada (PAD) se ha introducido en la odontología moderna. PAD es una combinación única de una solución fotosensibilizadora y luz láser de baja potencia. La luz láser activa el fotosensibilizador y crea una cascada de transferencia de energía y reacciones químicas variables en las que se producen oxígeno singlete y radicales libres, lo que elimina los microbios. El beneficio de esta acción es que es bastante imposible que los microbios creen resistencia contra ella. Es necesario desinfectar el conducto radicular para que el proceso de regeneración no disminuya. Se irriga el canal a fondo con 20ml de solución de hipoclorito de sodio al 5,25% y se neutralizó con solución salina. Después de secar con puntos de papel estériles, se colocó una solución (cloruro de tolonio al 0.01% p / v en solución acuosa) del fotosensibilizador dentro del conducto radicular (0.5 ml) con una aguja endodóntica y se dejó dentro del conducto radicular durante 2 minutos como preirradiación. Los resultados con esta terapia al examen clínico no revelaron sensibilidad a las pruebas de percusión o palpación. La radiografía reveló engrosamiento continuo de las paredes dentinarias, alargamiento radicular, regresión de la lesión periapical y cierre apical. Ambas raíces mostraron un cierre apical completo a los 10 meses de seguimiento. Sin embargo, los dientes no respondieron a la prueba de pulpa eléctrica. ⁽⁶⁴⁾

b. Medicación Intracanal

Después de la desinfección, se recomienda utilizar medicamento intracanal, ya sea hidróxido de calcio o pasta triple antibiótico (TAP). Se ha demostrado que el hidróxido de calcio tiene una menor citotoxicidad para las células madre. Además, para evitar los problemas de encontrar los antibióticos adecuados necesarios para la RET, el Ca (OH)₂, que está disponible en todas las clínicas dentales, se sugiere ahora como un desinfectante alternativo del canal radicular que tiene tasas de éxito similares a las de las mezclas de antibiótico. Se elimina fácilmente de los sistemas de conductos radiculares, tiene un mejor efecto sobre la supervivencia del SCAP y reduce el riesgo de sensibilización/reacción alérgica al fármaco. ⁽⁹⁴⁾

El Ca (OH)₂ se ha utilizado como medicación intracanal para prevenir infecciones y mejorar la longitud de la raíz y el grosor de la pared. Un estudio mostró una tasa de supervivencia más alta para SCAP cuando la dentina se expuso a Ca (OH)₂ en comparación con la concentración más baja recomendada de TAP (0,1 mg / ml). Además, en muchos de los informes de casos en los que se utilizó el TAP, se han informado alergias y decoloración de los dientes. ⁽⁶⁰⁾

El uso de una pasta antibiótica se informó en el 80% de los estudios publicados. Se ha demostrado que una pasta triabiótica que contiene 100 mg de metronidazol, 100 mg de minociclina y 100 mg de ciprofloxacina tiene suficiente eficacia y potencia bactericida para erradicar las bacterias de la dentina infectada de los conductos radiculares. Recientemente, minociclina ha sido eliminado de la mezcla debido a su potencial para de colorar el diente, que fue apoyada además por el trabajo reciente realizado que muestra los efectos

antimicrobianos similares de las pastas de triantibiótica y bi-antibiótico. Los efectos perjudiciales duraderos del uso de altas concentraciones de pastas antibióticas (aproximadamente 1 g/mL) como medicamento la pasta antibiótica triple (minociclina, metronidazol y ciprofloxacina) tiene efectos duraderos sobre la supervivencia de las células madre a través de mecanismos directos e indirectos.⁽⁶³⁾⁽⁷⁴⁾

c. Andamio

Los andamios sirven como plantillas porosas transitorias, tridimensionales (3D), que imitan la matriz extracelular (MEC) que se utilizan para proporcionar soporte mecánico y regular las funciones celulares. Los tejidos se organizan como estructuras tridimensionales y es necesario un andamiaje apropiado para proporcionar una posición espacialmente correcta de la ubicación celular y regular la diferenciación, la proliferación o el metabolismo de las células madre. Para asegurar un procedimiento regenerativo exitoso, es esencial tener un conocimiento completo y preciso sobre el andamio adecuado para el tejido requerido.⁽⁵³⁾⁽¹⁶⁾

Coágulo de sangre

Un coágulo de sangre puede funcionar como un andamio para el crecimiento de tejido nuevo, ya que consiste en fibrina reticulada. Esta es la vía de migración de las células y ayuda con los factores de crecimiento y diferenciación. Actualmente un coágulo de sangre se considera un soporte favorable para esta técnica. El uso de coágulos de sangre como un andamio se ha utilizado en el 75% de los protocolos de RET. Se han sugerido y / o utilizado varios otros armazones, como el plasma rico en plaquetas (PRP) y la fibrina rica en plaquetas (REF), pero estos no han mostrado ninguna ventaja adicional sobre el uso de un coágulo de sangre.⁽¹⁹⁾⁽⁹⁵⁾⁽⁷⁴⁾

Un coágulo de sangre humano natural contiene 95% de glóbulos rojos (RBC), 5% de plaquetas, <1% de glóbulos blancos (WBC) y numerosas cantidades de hebras de fibrina. Un coágulo de PRP, por otro lado, contiene 4% de glóbulos rojos, 95% de plaquetas y 1% de glóbulos blancos. El recuento de plaquetas en PRP puede superar los 2 millones/ μ L, por lo que la concentración de plaquetas aumenta entre un 160% y un 740%, mientras que la PRF produce una concentración 210 veces mayor de plaquetas y fibrina en comparación con el volumen de sangre total de entrada inicial. El PRF, a diferencia del PRP, se asocia con un aumento lento y continuo de los niveles de citocinas.⁽¹⁴⁾

El colágeno.

Los andamios de colágeno, que son similares al tejido pulpar nativo, son adecuados para la formación de tejido conectivo pulpar. La funcionalización mediante biomoléculas activas como BMP, SDF-1, G-CSF mejora sus propiedades.⁽⁴⁷⁾

Plasma rico en plaquetas (PRP)

El PRP se ha mencionado como un andamio potencialmente ideal para los regímenes de tratamiento de endodoncia regenerativa debido a sus mayores concentraciones de factor de crecimiento. La concentración de plaquetas en PRP es más de 1 millón / ml, que es cinco veces mayor que la del recuento plaquetario normal. Es una suspensión concentrada de diferentes factores de crecimiento como el factor de crecimiento derivado de plaquetas, el factor de crecimiento transformante b, el factor de crecimiento similar a la insulina, el factor de crecimiento endotelial vascular, el factor de crecimiento epidérmico y el factor de crecimiento de células epiteliales y se ha mencionado como un andamio ideal para endodoncia regenerativa. ⁽⁹⁶⁾⁽⁹⁷⁾

El concentrado de plaquetas forma un andamio y se reabsorbe con el tiempo, ya que contienen un recuento de plaquetas elevado y, por lo tanto, mayores cantidades de factores de crecimiento para ayudar en la proliferación de células madre para la inducción de la curación y la regeneración de tejidos. Como la primera generación de concentrados de plaquetas, el plasma rico en plaquetas (PRP) se ha revelado como un posible andamio modelo para el tratamiento de endodoncia regenerativa. ⁽¹²⁾

Fibrina rica en plaquetas (PRF)

La fibrina rica en plaquetas (PRP) es un producto biológico que se define como la parte de la fracción plasmática de sangre autóloga con una concentración de plaquetas superior a la de la sangre completa original. Los gránulos plaquetarios contienen una supermezcla de citocinas clave y factores de crecimiento. Por lo tanto, la aplicación de PRP ha ganado una atención sin precedentes en la medicina regenerativa. La razón fundamental subyacente a la utilización de PRP es que actúa como un biomaterial para entregar factores de crecimiento críticos y citocinas de los gránulos de plaquetas al área objetivo, promoviendo así la regeneración en una variedad de tejidos. ⁽¹⁷⁾

El PRF tiene una arquitectura fisiológica muy favorable para el proceso de cicatrización, obtenida gracias al lento proceso de polimerización. El desarrollo del concentrado de plaquetas como aditivos quirúrgicos bioactivos que se aplican localmente para promover la cicatrización de las heridas se deriva del uso del adhesivo de fibrina. Los avances en el campo de la ingeniería tisular han hecho posible la generación de sustitutos artificiales en varias áreas de la medicina. Varias aplicaciones clínicas en endodoncia incluyen cirugías periapicales, procedimientos de revascularización, pulpotomía regenerativa, reparación de perforaciones. El PRF como material de andamiaje en un diente inmaduro necrótico infectado para la regeneración pulpar y la revitalización del diente, ya que satisface muchos criterios de un andamiaje físico ideal. PRF presentan la ventaja de promover la diferenciación de las células madre y la revascularización concomitante. ⁽³²⁾⁽⁴⁷⁾

Al ser la segunda generación de concentrados de plaquetas, la fibrina rica en plaquetas (PRF) tiene muchos méritos sobre PRP. Primero, no requiere la adición de anticoagulante. En segundo lugar, las plaquetas y los leucocitos de PRF atrapados dentro del gel de fibrina,

liberando factores de crecimiento en un tiempo prolongado. En tercer lugar, las células inmunitarias y las citocinas en un coágulo de PRF podrían contrarrestar la infección ⁽¹²⁾

Los andamios a base de hidrogel

Son una categoría única de redes poliméricas tridimensionales con alto contenido de agua. Son hidrófilos, biocompatibles, con patrones de degradación sintonizables y propiedades mecánicas, además de la capacidad de cargarse con diversas moléculas bioactivas. Además, los hidrogeles tienen un grado considerable de flexibilidad y elasticidad, imitando la matriz extracelular celular (MEC). Según el origen de la cadena polimérica que forma el hidrogel, se pueden clasificar en hidrogeles naturales, sintéticos o híbridos, combinando naturales y sintéticos. Los polímeros naturales son bioactivos, altamente biocompatibles y biodegradables por enzimas naturales o por hidrólisis. Por otro lado, los polímeros sintéticos ofrecen propiedades mecánicas ajustables, termoestabilidad y durabilidad en comparación con los hidrogeles naturales. Los hidrogeles híbridos combinan los beneficios de los polímeros naturales y sintéticos. Los hidrogeles se pueden biofuncionalizar con secuencias de unión a células como arginina-glicina-ácido aspártico (RGD), se pueden usar para la liberación local de moléculas bioactivas y se pueden celularizar con células madre para la regeneración de la dentina y la pulpa.⁽⁶⁶⁾

Andamios electrohilados

El electrohilado se ha utilizado ampliamente para sintetizar armazones de polímeros naturales (p. *Ej.*, Colágeno) o sintéticos y / o sistemas de administración de fármacos. De hecho, se ha demostrado que los andamios que contienen antibióticos controlan/reducen la infección mediante la liberación controlada de una amplia variedad de antibióticos. En última instancia, la capacidad de los andamios nano/microfibrosos para administrar cantidades intracanal, uniformes y muy controladas de antibióticos puede tener implicaciones positivas en el tratamiento al proporcionar un entorno libre de bacterias propicio para la regeneración de tejidos, al tiempo que se minimizan los efectos adversos de la toxicidad actualmente asociados con el uso de la pasta antibiótica. Aquí, informamos por primera vez sobre la síntesis, caracterización de materiales, capacidad antimicrobiana y citocompatibilidad de nuevos andamios nanofibrosos que contienen antibióticos para endodoncia regenerativa. El MET (metronidazol) como CIP (ciprofloxacina) fueron investigados para sentar los conocimientos fundamentales que podrían conducir al desarrollo de un andamio electrospun antibiótico bimezclado. A nuestro leal saber y entender, este es el primer informe sobre la síntesis de un andamio nano / microfibroso que contiene antibióticos electrohilados a base de polímeros biodegradables mecánicamente fuertes y que podría usarse como un sistema de administración de fármacos para la desinfección del conducto radicular antes de la endodoncia regenerativa. Las propiedades antimicrobianas se evaluaron frente a las de *Porphyromonas gingivalis* y *Enterococcus faecalis*. Se evaluó la citotoxicidad en células madre de la pulpa dental humana (hDPSC). Se realizaron estadísticas y la

significancia se estableció en el nivel del 5. Los andamios que contenían CIP inhibieron significativamente el crecimiento de biopelículas de ambas bacterias. Por el contrario, los andamios que contienen MET inhibieron solo Pg crecimiento. La difusión de agar confirmó las propiedades antimicrobianas contra bacterias específicas para los andamios que contienen antibióticos. Sólo los armazones que contenían CIP al 25% en peso eran citotóxicos. En conjunto, este estudio sugiere que los andamios electrohilados basados en polímeros que contienen antibióticos podrían funcionar como un sistema de administración de fármacos antimicrobianos biológicamente seguro para la endodoncia regenerativa.⁽⁹⁸⁾

Andamio con membrana amniótica humana (HAM)

La membrana amniótica humana (HAM), un andamio basado en la placenta se ha utilizado ampliamente en el campo médico debido a su capacidad de proliferación y regeneración celular. La investigación actual ha ampliado su uso en el campo de la ingeniería de tejidos debido a su capacidad para mejorar la epitelización, antiescaras y efectos antiinflamatorios. La presencia de colágeno, elastina, laminina y fibronectina hace de esta membrana un excelente andamio en la ingeniería de tejidos. A diferencia de otras membranas de barrera, la HAM es biológicamente activa debido a la presencia de factores de crecimiento (GF) que ayudan a la migración celular y facilitan la curación de las heridas. La ventaja de la HAM como andamio es su falta de inmunogenicidad y la irradiación para eliminar cualquier posible contaminación. En los últimos años, se ha observado un uso versátil del HAM en el campo de la odontología para el tratamiento de los defectos óseos periodontales, la cobertura de la recesión gingival, los defectos de furcación, así como la preservación de la cresta. La HAM junto con el aloinjerto óseo liofilizado reduce la profundidad de la bolsa y mejora la cicatrización ósea en pacientes con periodontitis crónica con defectos de furcación de grado II. También han propuesto que la matriz acelular de HAM podría utilizarse en la regeneración de huesos y dientes. A partir de esta evidencia, se planteó la hipótesis de que la HAM puede ser utilizada como un andamio natural para REP. Sus propiedades podrían aprovecharse para mejorar el resultado de este procedimiento. Se llevó a cabo con éxito un procedimiento de endodoncia regenerativa en un incisivo central permanente inmaduro no vital (estadio 4 de desarrollo radicular) utilizando una membrana amniótica humana (HAM) como nuevo andamio. Al cabo de tres años se observó la resolución del proceso de la enfermedad y el aumento de la anchura del canal, así como una respuesta positiva a las pruebas de sensibilidad pulpar. El volumen de la lesión periapical se redujo aproximadamente en un 78-86%.⁽⁶⁷⁾

d. Células madre

Son células indiferenciadas con diversos grados de potencia y plasticidad, capaces tanto de autorrenovación como de diferenciación multilínea. Básicamente, existen dos categorías de células madre clasificadas según su potencial de diferenciación: células madre embrionarias (ESC) y células madre somáticas (también llamadas células madre adultas o células madre

mesenquimales). Se han aislado células madre posnatales de varios tejidos, incluidos el cerebro, la piel, los folículos pilosos, el músculo esquelético, la médula ósea y el tejido dental, y se aislaron y caracterizaron cinco tipos de células madre mesenquimales dentales: Células madre de la pulpa dental (DPSC); células madre de dientes humanos exfoliados (SHED) y células madre dentales inmaduras (IDPS) de dientes temporales; células madre del ligamento periodontal (PDLSC); células madre de la papila apical (SCAP) y células progenitoras del folículo dentario (DFPC). Hemos demostrado que las células madre de la pulpa dental son capaces de diferenciarse en células similares a odontoblastos o células endoteliales. Cuando se trasplantan en cortes / andamios dentales, estas células generan un tejido similar a la pulpa y se diferencian en odontoblastos funcionales y células endoteliales vasculares. A pesar de los resultados prometedores observados con las células madre somáticas, el acceso a las células madre podría constituir un impedimento para la ingeniería de tejidos en algunas circunstancias. En estos casos, las células madre pluripotentes inducidas (iPS), que son células somáticas reprogramadas con características similares a las ESC, podrían constituir una alternativa viable en caso de que se elimine el requisito del uso de oncogenes. ⁽⁴⁶⁾⁽⁷⁴⁾⁽⁶⁵⁾

Las células madre de la pulpa dental pueden parecer a priori elección para la regeneración de la pulpa dental. Sin embargo, es posible que las células madre de la pulpa dental no estén disponibles en un paciente que necesita regeneración pulpar. Incluso si las células madre de la pulpa dental están disponibles de forma autóloga o quizás alogénica, se deben abordar una multitud de barreras científicas, reguladoras y de comercialización, y a menos que estos problemas se resuelvan, el trasplante de células madre de la pulpa dental seguirá siendo un ejercicio científico, más que una realidad clínica. El trabajo reciente que utiliza nuevos andamiajes de biomateriales y factores de crecimiento que orquestan la localización de las células endógenas del huésped representa una desviación de los enfoques tradicionales de trasplante de células y puede acelerar la traducción clínica. Dadas las funciones y la escala de la pulpa dental y la dentina. ⁽⁶⁹⁾

Cada vez hay más pruebas que demuestran que las células madre se encuentran principalmente en nichos y que ciertos tejidos contienen más células madre que otros. Entre estos tejidos, la pulpa dental se considera una rica fuente de células madre mesenquimales adecuadas para aplicaciones de ingeniería tisular. Se sabe que las células madre de la pulpa dental tienen el potencial de diferenciarse en varios tipos de células, como odontoblastos, progenitores neurales, osteoblastos, condrocitos y adipocitos. Las células madre de la pulpa dental son altamente proliferativas. Esta característica facilita la expansión ex vivo y aumenta el potencial traslativo de estas células. Cabe destacar que la pulpa dental es posiblemente la fuente más accesible de células madre posnatales. En conjunto, la multipotencia, las altas tasas de proliferación y la accesibilidad hacen de la pulpa dental una fuente atractiva de células madre mesenquimales para la regeneración de tejidos. ⁽⁹⁹⁾

e. Sello coronal

Un sello coronal es otro paso importante en los REP, y esta función generalmente la proporcionan los CSC. Los cementos de silicato de calcio (CSC) han sido la mejor elección como tapones coronales, ya que proporcionan un sello biocompatible y hermético. Los derivados de CSC pueden ser materiales a base de cemento Portland, como el agregado de trióxido mineral (MTA), o materiales a base de silicato tricálcico (TCS), como Biodentine y BioAggregate (BA; Innovative BioCeramix, Vancouver, BC, Canadá). El BA también contiene fosfato de calcio monobásico, dióxido de silicio amorfo y pentóxido de tantalio para radiopacidad; se considera un material bifásico (un material que contiene 2 materiales cementosos), debido a su contenido de fosfato de calcio.⁽⁷⁷⁾

3.7. Ventajas y desventajas de los tratamientos de dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta.

Tabla Nro. 4. Ventajas y desventajas de tratamientos de dientes inmaduros con formación radicular incompleta

	Ventajas	Desventajas
Terapia pulpar vital	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Disminución del tiempo y el coste clínico más bajo, ➤ Menor destrucción del diente ➤ Preservación de la vitalidad pulpar y de los mecanismos propioceptivos ➤ Mayores tasas de supervivencia ➤ Menos dolor y complicaciones postoperatorios ➤ Número reducido de radiografías. ⁽³⁰⁾⁽²⁵⁾⁽³¹⁾ ➤ Promueve el desarrollo radicular continuado, lo que conduce al fortalecimiento de la estructura radicular y al cierre apical 	
Apexificación	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La ventaja de la apexificación es la formación de tejido duro apical. También ayuda en la formación de hueso y periodonto alrededor de su interfaz. ⁽³²⁾⁽³⁴⁾⁽³⁶⁾⁽⁴⁰⁾⁽⁴⁷⁾⁽³⁹⁾⁽⁹⁷⁾⁽⁷³⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> □ Esta técnica no aumenta el grosor ni la longitud de la pared radicular y aumento de la fragilidad del diente y la susceptibilidad a las fracturas radiculares son sus principales desventajas. ^{(10) (32) (35) (42) (43) (48) (73)}

	Ventajas	Desventajas
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Induce el cierre del foramen apical con tejido mineralizado o crear una barrera apical artificial para permitir la condensación del material de obturación radicular y promover un sellado apical. ⁽⁴⁸⁾⁽⁹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La maduración continua de la raíz es imposible en los dientes que reciben la apexificación y la raíz inmadura que queda es corta, débil y propensa a las fracturas, con un riesgo de aumento de la movilidad del diente debido a la relación comprometida entre la corona y la raíz. ⁽⁶³⁾
Endodoncia regenerativa	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Su ventaja principal es la resolución de periodontitis apical, signos y síntomas de inflamación pulpar; evidencia radiográfica de desarrollo continuo de la raíz y estrechamiento apical; y restauración de respuestas de vitalidad. Promover el engrosamiento de las paredes del conducto radicular. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Los resultados clínicos a largo plazo aún son controversiales. ⁽⁸⁰⁾
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La terapia endodóntica ayuda a la elongación radicular ⁽⁸⁸⁾ ➤ Permite la rápida continuación del desarrollo de la raíz, el aumento del grosor de la pared y la curación natural de los tejidos periapicales. ⁽¹¹⁾⁽⁵¹⁾⁽⁷⁴⁾⁽⁸⁷⁾⁽⁸⁹⁾ ➤ Tiempo de tratamiento corto: Una o dos sesiones. ➤ Recuperación de la irrigación y la inervación. ⁽⁵⁸⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Desconocimiento de la naturaleza del tejido formado ⁽⁵⁸⁾

3.8. Tasa de éxito y fracaso de las diferentes técnicas.

Tabla Nro. 5. Tasas de éxito y fracaso de los tratamientos de dientes permanentes inmaduros con conformación radicular.

Tratamiento	Material	Tasa de éxito	Autor
Terapia Pulpar vital	MTA	78-86%	Ashraf H
	CEM	73,8% sin diferencias significativas	
Recubrimiento pulpar indirecto	Hidróxido de calcio	93%	Akhlaghi N ⁽¹⁸⁾
Recubrimiento pulpar directo	Hidróxido de calcio	60% a casi el 100% revisión de 2400 casos	Akhlaghi N ⁽¹⁸⁾
		97% durante periodos de hasta 17 años	
	MTA	59-69% en 5 años	
		78-98% en 5 años	
	Acemanano	90,91% y	Vu TT ⁽¹³⁾
	MTA	95,65%,	
		72,9% durante 3 años	Lee S ⁽²³⁾
Pulpotomía parcial	Hidróxido de calcio	91-100% después de 2 años	Akhlaghi N ⁽¹⁸⁾
	MTA	95.2-99.8%	
	Hidróxido de calcio	91%	Gomes I ⁽²¹⁾
	MTA	93%	
		96% con un seguimiento de entre 14 y 60 meses y 30 horas.	Ojeda-Gutierrez F ⁽²²⁾
	Hidróxido de calcio	91%	Yang YT. ⁽²⁰⁾
	MTA	93%	
		99.4% durante 3 años	Lee S ⁽²³⁾
Pulpotomía Completa	Hidróxido de calcio	87,5-100% después de 2 años	Akhlaghi N ⁽¹⁸⁾
	MTA	90-100%	
		99,3 durante 3 años	Lee S ⁽²³⁾
Apexificación	Hidróxido de calcio	79 a 96%.	Pawan Darak ⁽³²⁾
	Hidróxido de calcio	74-100% el tiempo promedio fue 5 a 20 meses.	Gawthaman M ⁽⁴⁵⁾
	Hidróxido de Calcio	90%	Sharma V ⁽³⁸⁾

Tratamiento	Material	Tasa de éxito	Autor
	MTA	90%	Lee G ⁽⁹⁶⁾
	Hidróxido de calcio	74-100%	Damle SG ⁽³⁹⁾
	MTA	90% después de 9 meses	
	Hidróxido de calcio	74-100%, 94-100%	Ghosh ⁽³⁷⁾
		94,6% con ápices abierto-estrechos.	
		64,28% ápices abiertos anchos.	
		63,63% con radiolucencia apical.	
	Hidróxido de calcio	92,5% sin radiolucencia apical.	
Hidróxido de calcio	74% al 100%.	Boufdil H ⁽⁴⁴⁾ ⁽⁷³⁾	
Hidróxido de calcio	77,20%	Albuquerque MTP ⁽⁸⁷⁾	
Endodoncia regenerativa y apexificación	Un hallazgo importante en ambos grupos fue la elevada tasa de éxito y supervivencia del tratamiento.	90-96%	Wikström A ⁽³³⁾
Endodoncia regenerativa		Más del 90%, según un gran ensayo clínico.	Panda S ⁽⁶²⁾
		Tasa de éxito general fue del 96,5%.	
	HAM	78-86% 100% del proceso de la enfermedad con la REP en comparación con la apexificación 77-95%.	Suresh N ⁽⁷¹⁾
	MTA versus Hidróxido de calcio	97,3% 18 y 24 meses.	Ali ⁽²⁹⁾
		97,4% 18 y 24 meses.	
	MTA versus CEM	Una tasa de éxito clínico y radiográfico del 100% para ambos grupos a los 6 y 12 períodos de seguimiento.	
	MTA versus PRF	100% para ambos grupos 6, 12 y 24 meses.	
En cuanto a la etiología de la necrosis pulpar, la REP tuvo éxito en el	94,50%	Lopes L ⁽⁶¹⁾	

Tratamiento	Material	Tasa de éxito	Autor
	94,5% con diferentes etiologías:		
	Traumatismo dental	64,94%	
	necrosis por dens evaginatus	22,92%	
	caries dental	5,61%	
	cúspide rota de etiología desconocida	6,51%	
	Tasa de éxito clínico de la revascularización frente a la apexificación.	87,9%	
		90,6%	
	Otros estudios no mostraron diferencias entre apexificación y REP.	Revelaron una tasa de supervivencia del 100% para REP y del 95% para la apexificación.	
	Otro metanálisis demostró tasas de supervivencia	97,8% para REP y del 97,1% para la apexificación, siendo la principal complicación del tratamiento la decoloración de la corona.	
	La recuperación de la vitalidad con la RET se ha informado en aproximadamente.	Se informa que la curación periodontal se observa en el 79-100% de los casos.	Nazzal H (14)
	Vitalidad se recuperó	50% de los casos publicados.	Jun JH ⁽¹⁰³⁾
	Este procedimiento puede conducir a la cicatrización apical de acuerdo con revisiones sistemáticas recientes que muestran.	17,2% de los casos observados.	Staffoli S (36)
	La mayoría de los dientes anteriores traumatizados tratados con RET en nuestro estudio mostraron resultados favorables.	Tasas de éxito del 91%	Elfrink MEC ⁽¹⁵⁾
	Plasma rica en plaquetas.	93,60%	Boufdil H. ⁽⁷⁴⁾

Tratamiento	Material	Tasa de éxito	Autor
	la extensión de la raíz ha aumentado la tasa de supervivencia de los dientes.	93% al final de 12 meses	Albuquerque MTP (87)
	Grupo II en el que se utilizó coágulo de sangre como andamio en el canal	Cierre apical 66,67%	Narang I ⁽⁸⁵⁾
		Alargamiento radicular 40%	
		Engrosamiento de la pared dentinaria 50% de los casos	
	Grupo III en PRF como armazón	Curación periapical de cinco casos en cada grupo, el 98%	
		cierre apical con el 40%	
		alargamiento radicular 99%	
	el Grupo IV en el que PRP	Engrosamiento de la pared dentinaria 60% de los casos	
		Cierre apical 60%	
		Alargamiento de raíces El 40%	
		Engrosamiento de la pared dentinaria 20% de los casos	
	Tras la revascularización apical con recordatorios de 6 a 66 meses.	Permanecieron abiertos en el 13,9% de los casos. Mientras que el puente de calcificación apical se formó en el 47,2%. El cierre apical en el 38,9% de los casos.	He L. ⁽⁹⁾
		La revascularización, con una tasa de éxito del 86%. En términos de curación de la periodontitis apical, la tasa de éxito es del 90% al 100%.	Sindi AS ⁽¹⁰⁵⁾
	Se compararon la eficacia de la sangre coágulos, PRP, PRF y plaquetas de plasma (PP).	Donde el 73,9% mostró un cierre apical completo y una mayor tendencia al cierre apical de forma cónica, y el 86% mostró	Yoshpe M ⁽⁵¹⁾

Tratamiento	Material	Tasa de éxito	Autor
		una respuesta positiva a las pruebas de sensibilidad.	
	En otro estudio clínico aleatorio reciente, compararon el resultado de la REP con el tratamiento conservador del conducto radicular en dientes maduros (CRCT).	Se observó la ausencia o reducción de la radiolucencia en el 92,3% del grupo REP frente al 80% del grupo CRCT, sin diferencias estadísticamente significativas.	
	El coágulo de sangre utilizado como andamio	Presentó un 60% de cicatrización periapical un 66,67% de buen cierre apical, un 40% de buen alargamiento radicular y buenos resultados de engrosamiento de la pared dentinaria en el 50% de los casos.	Staffoli S ⁽³⁶⁾
	Plasma rico en plaquetas + colágeno	80% cicatrización apical, 60% buen cierre apical, 40% buen alargamiento radicular y 20% engrosamiento de la pared dentinaria	
	Para la matriz de fibrina rica en plaquetas	98% de excelente cicatrización periapical, 40% de buen cierre apical, 99% de excelente alargamiento de la raíz y 60% de excelente engrosamiento de la pared dentinaria.	

3.9. Discusión

La literatura indica diferentes tratamientos para dientes permanentes inmaduros con formación radicular incompleta según la situación clínica que pueden ser; para dientes que tengan vitalidad pulpar y dientes con necrosis pulpar, el primero caso corresponde a la terapia pulpar vital que son el recubrimiento pulpar (directo o indirecto) o la pulpotomía (parcial o completa). En la odontología moderna, la terapia pulpar vital (VPT), se debe considerarse como una alternativa razonable y eficaz a los tratamientos de conducto radicular. El objetivo principal de todos estos métodos conservadores es mantener la pulpa normal o eliminar el tejido pulpar contaminado para promover el proceso de reparación del tejido blando. El autor Akhlaghi N et al. Manifiesta que el tratamiento adecuado para la lesión cariosa profunda adyacentes a la pulpa es el recubrimiento pulpar indirecto, presentado en dientes asintomático, con diagnóstico de pulpitis reversible; y en casos de una herida pulpar limpia, el tratamiento indicado es el recubrimiento pulpar directo, que se logra colocando un medicamento sobre la dentina cariada en el caso de RPD o colocando un apósito sobre la herida pulpar para estimular la cicatrización de la pulpa. Durante la práctica clínica, el hidróxido de calcio ha sido unos de los materiales que se utilizaban para este tipo de tratamiento, pero por sus múltiples desventajas se ha introducido un nuevo material que es el agregado trióxido mineral (MTA) que revela una mejor curación pulpar a diferencia, del tratamiento con el hidróxido de calcio.⁽²³⁾⁽³⁵⁾

Sheth et al. describen que el MTA es un material adecuado por su capacidad de formar un puente dentinario para proteger la pulpa con mayor eficacia que el hidróxido de calcio. Sin embargo, el MTA presenta deficiencias cuando se utiliza como agente de recubrimiento, especialmente en niños, como su prolongado tiempo de fraguado, las propiedades de manipulación y la posible decoloración de los dientes. Por lo tanto, se han introducido otros biomateriales para superar algunas de estas limitaciones. Uno de estos cementos de silicato tricálcico es Biodentine™, por su reducido tiempo de fraguado permite una restauración permanente inmediata sin deterioro del material, lo que lo hace adecuado para su uso en niños. En la actualidad existe muchos materiales para la VPT que el autor Mohammad Ali SAGHIRI explica en una revisión sistémica incluido el MTA, cemento de mezcla enriquecida con calcio (CEM), Biodentine, Ionómero de vidrio y resinas adhesivas, Derivado de matriz de esmalte (EMD), que pueden ser utilizados para la VPT, con mejores resultados que el hidróxido de calcio.⁽⁵⁸⁾⁽⁷⁶⁾

Por otra parte la pulpotomía (parcial o total), está indicada para dientes inmaduros con tejido pulpar vital, que permite conservar el tejido necesario para la formación y maduración continua del diente. A lo largo de los años, la literatura sigue apoyando esta evidencia.⁽¹⁸⁾⁽²⁴⁾⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾⁽³¹⁾⁽³⁴⁾⁽¹⁰⁰⁾ En la práctica clínica este tratamiento tiene una elevada tasa de éxito con la aplicación de nuevos materiales como lo demuestra en un estudio realizados por Gihan Mohamed Abuelniel et al. Quienes evaluaron el MTA y Biodentine como material de apósito sobre la pulpa amputada, dando resultados comparables entre los materiales. La

Biodentine mostró estabilidad de color durante todo el periodo de evaluación, pero el MTA causó decoloración en la mayoría de los casos.⁽³³⁾⁽⁷⁵⁾ Otros estudios comparativos realizados por Ashraf H et al. Entre el uso de cemento CEM y Biodentine parece ser una opción válida en los casos de TPV.⁽²²⁾⁽²³⁾⁽²⁸⁾⁽¹⁰⁰⁾ Chen Y et al. En una revisión sistémica encontraron tasas de éxito similares entre el MTA y los agentes de apósito hidróxido de calcio, cemento de mezcla enriquecido de calcio(CEM), fibrina rica en plaquetas (RPF) y pasta triple antibiótica (TAP), en pulpotomía para el tratamiento de dientes permanentes inmaduros, y no hay evidencia suficiente para llegar a una conclusión como a los beneficios de un material sobre otro.⁽³⁴⁾

Las ventajas de la VPT descrito por Gihan M y otros es mantener la vitalidad pulpar y promover el desarrollo radicular continuado, lo que conduce al fortalecimiento de la estructura radicular y al cierre apical. Una relación corona/raíz favorable y unas paredes dentinarias gruesas que ayudan a garantizar la supervivencia y la función a largo plazo de un diente permanente.⁽³³⁾⁽²²⁾⁽¹⁰¹⁾ Además, Malekzadeh A et al. detallan otras ventajas en comparación al tratamiento de conducto convencional, incluyen la disminución del tiempo, el coste clínico, una menor destrucción del diente, la prevención de la probable decoloración de la corona del diente, la relativa sencillez del procedimiento, mantenimiento de la vaina epitelial de hertwig intacta, mayores tasas de supervivencia, menos dolor y menos complicaciones postoperatorias. Además, en los casos en los que la VPT no tenga éxito, el diente puede ser tratado mediante, endodoncia regenerativa o RCT convencional.⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾⁽³⁰⁾⁽³⁶⁾

Varios autores coinciden que el mejor tratamiento de la VPT, por su elevada tasa de éxito es la pulpotomía con el 91-100% con la utilización del MTA o hidróxido de calcio en la cual no se encuentra diferencia significativa entre los materiales, por sus resultados más predecibles en comparación a las del recubrimiento pulpar. También la tasa de éxito se atribuye según la metodología y materiales, periodos de seguimiento, métodos de examen y criterios de éxito.⁽²³⁾⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾⁽¹⁰⁰⁾

En el segundo grupo, se encuentran los tratamientos para dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar y periodontitis apical que son: apexificación y endodoncia regenerativa. Estos tratamientos están encaminados para dientes que han sufrido un traumatismos o caries profunda que pueden desencadenar la pérdida de vitalidad pulpar, que afecta directamente el desarrollo radicular. Estos dientes normalmente tienen canales muy anchos, paredes dentinarias delgadas y ápices abiertos, lo que presenta dificultades para el odontólogo en la instrumentación, determinación de la longitud de trabajo y control de irrigantes y materiales de obturación. Es importante destacar que, los dientes inmaduros son más propensos a la fractura, por lo que incluso los casos con un tratamiento de endodoncia ideales tienen un pronóstico desfavorable a largo plazo.⁽¹⁾⁽¹¹⁾⁽³⁷⁾⁽³⁸⁾⁽³⁹⁾⁽⁴²⁾⁽⁴⁴⁾⁽⁸⁰⁾⁽⁸¹⁾⁽⁸²⁾⁽⁸³⁾⁽⁸⁴⁾⁽⁸⁶⁾⁽⁸⁸⁾⁽⁸⁹⁾⁽⁹³⁾⁽⁹¹⁾⁽¹⁰²⁾

En la práctica clínica la apexificación con hidróxido de calcio ha sido uno de los tratamientos más usados para establecer una barrera apical, el hidróxido de calcio se ha utilizado ampliamente durante muchos años. Sin embargo, este material requiere de 5 a 20 meses para formar la barrera apical, pero ha tenido algunas desventajas como el aumento de fragilidad del diente y la susceptibilidad a las fracturas radiculares.⁽³⁷⁾⁽³⁹⁾⁽⁴⁴⁾ En la última década, MTA se ha investigado ampliamente y se ha informado como una posible respuesta a muchos desafíos clínicos de endodoncia, considerándose como el estándar de oro en el tratamiento de dientes inmaduros con necrosis pulpar.⁽⁸³⁾ El MTA tiene una biocompatibilidad superior y es menos citotóxico debido a su pH alcalino y la presencia de iones de calcio y fosfato en su formulación da como resultado la capacidad de atraer células blásticas y promover un ambiente favorable para la deposición de cemento. Una barrera total de 5 mm es significativamente más fuerte y muestra menos fugas que la barrera de 2 mm.⁽⁸⁶⁾ En muchos estudios comparativos el MTA con el hidróxido de calcio usados para la apexificación, son comparables en términos de los parámetros de evaluación. Sin embargo, este tratamiento no refuerza la estructura dental restante.⁽⁴¹⁾⁽⁸⁰⁾⁽⁸⁹⁾⁽⁸⁸⁾⁽¹⁰²⁾ La apexificación sólo debe realizarse cuando el diagnóstico de necrosis pulpar es seguro.⁽⁵¹⁾

Por el contrario estudios realizados por Silveira et al. de un seguimiento de 16 años de un caso afirma que el hidróxido de calcio proporciona una alternativa viable para lograr el cierre del extremo radicular en un diente inmaduro. A pesar de las limitaciones de este material, la técnica descrita permitió un tratamiento de apexificación satisfactorio a largo plazo.⁽⁸⁴⁾ Por otra parte Razavian H, presenta un nuevo método de apexificación utilizando una combinación de mineral óseo bovino desproteinizado y derivado de la matriz del esmalte (EMD). Y los resultados presentados fueron que el paciente no presentaba signos radiográficos ni síntomas clínicos a los 24 meses de seguimiento y se logró la maduración completa del ápice y la curación del hueso periapical.⁽⁴⁰⁾ También Sinha N et al. presenta el manejo de un caso de endodoncia secundaria con un ápice abierto tratado con el concepto de "esterilización de la lesión y reparación del tejido" utilizando pasta triantibiótica y Biodentine™ para la formación de la barrera apical. Un seguimiento de 12 meses con topografía computarizada de haz cónico (CBCT) mostró una involución progresiva de la radiolucencia periapical con indicaciones de buena curación de los tejidos periapicales y ausencia de síntomas clínicos.⁽⁸⁷⁾ La ventaja de la apexificación es inducir el cierre del foramen apical con tejido mineralizado o crear una barrera apical artificial para permitir la condensación del material de obturación radicular y promover un sello apical. En el caso de un diente inmaduro el diente continuará erupcionando y el hueso alveolar seguirá creciendo junto con los dientes adyacentes.⁽⁵¹⁾⁽⁸⁹⁾ Varios autores afirman una tasa de éxito según el material, la apexificación con hidróxido de calcio tiene una tasa de éxito de 74%-100% y el MTA 90%-100%, y puede observarse que no existe una diferencia significativa entre los dos materiales.⁽¹⁶⁾⁽³⁷⁾⁽⁴²⁾⁽⁴³⁾⁽⁴⁴⁾⁽⁸⁴⁾⁽⁸⁶⁾⁽⁹³⁾

A principios de la década del 2000 aparece una nueva alternativa de tratamiento para dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar con resultados prometedores, la endodoncia regenerativa con publicaciones de casos notables. Desde entonces, se han publicado varios estudios y casos que demuestran que estos procedimientos permiten resultados sin precedentes restituyendo la vitalidad al diente.⁽⁵¹⁾⁽⁵²⁾⁽⁵⁵⁾⁽⁶³⁾ En una revisión sistemática Alghamdi FT et al. Concluyeron que la terapia regenerativa endodóntica mostró mejores resultados en ciertos parámetros como el aumento del alargamiento y engrosamiento de la pared radicular, la curación de lesiones periapicales agudas /crónicas y una mejor formación del cierre apical en el tratamiento de dientes permanentes necróticos inmaduros. Además, hubo semejanzas considerables entre estudios incluidos; y se encontraron resultados concluyentes sobre la terapia regenerativa endodóntica es superior con otras opciones de tratamiento para este tipo de dientes.⁽¹⁰³⁾

En la práctica clínica se han considerado el uso de varios materiales, tanto para la desinfección de conducto, medicamento intracanal, sellado coronal, así como células madre y andamios. El paso más importante de la endodoncia regenerativa es la desinfección química de los canales, poca instrumentación de los conductos para evitar dañar la vaina epitelial de Hertwig en donde se conserva las células madre de la papila apical, las misma que permitirán la regeneración. Los irrigantes que esta indicados para la desinfección de los conductos son hipoclorito de sodio al 1,5 % para evitar dañar las células madre, seguido se utiliza el ácido etilendiamino tetraácido (EDTA), que permite la liberación de los factores de crecimiento de la dentina. Luego de la desinfección se coloca un medicamento intracanal con triple pasta antibiótica (TAP) o hidróxido de calcio para completar con la desinfección. A continuación, se induce la hemorragia en el conducto radicular para formar un coágulo de sangre que proporciona factores de crecimiento para las células y actúa como un andamio. El último paso es sellar el orificio del canal con MTA o Biodentine, lo que permite la regeneración de tejido nuevo adyacente al mismo. Finalmente, se coloca la restauración coronal permanente.⁽⁵⁴⁾⁽⁶⁰⁾⁽⁶¹⁾⁽¹⁰⁴⁾

La regeneración de tejidos dentales con células madre es un campo nuevo, pero muchos estudios están demostrando que es una buena opción de tratamiento para que el diente sin vitalidad vuelva nuevamente a ser vital.⁽⁵⁵⁾ Las células madre es unos de los componentes principales para la regeneración pulpar, son células que se encuentra o se ha aislado del tejido dental, que son células madre de la pulpa dental (DPSC), las células madre aisladas de la pulpa humana de dientes de leche exfoliados (SHED), las células madre del ligamento periodontal (PDLSC), las células madre de la papila apical (SCAP) y las células del folículo dental (DFC), que pueden regenerar el tejido del diente.⁽⁶⁵⁾⁽⁷⁰⁾⁽⁹⁹⁾⁽¹⁰⁵⁾⁽¹⁰⁶⁾ Sin embargo no solo las células madres participan en la regeneración pulpar sino también una serie de andamios, entre los más estudiados están el coagulo de sangre, el plasma rico en plaquetas (PRP), fibrina rica en plaquetas (PRF), siendo los dos últimos que representan fuentes concentradas de factores de crecimiento, por lo tanto, se puede esperar la aceleración del proceso

regenerativo.⁽⁵⁴⁾⁽⁶⁴⁾⁽¹⁷⁾ Muchos estudios comparativos entre los andamios plasma rico en plaquetas (PRP), plasma rico en fibrina (PRF), y el coágulo de sangre, concluyen que para el PRP y PRF, requiere extraer 10-15 ml de sangre del paciente y necesita procesamiento bioquímico. Y, por otro lado, la técnica de hemorragia inducida, aunque da resultados tardíos en comparación con el PRP, no requiere extracción de sangre del paciente ni manipulación bioquímica de la sangre y, por lo tanto, es un procedimiento menos engorroso. Al analizar los pros y los contras de las técnicas realizadas, conviene establecer la técnica de hemorragia inducida como el procedimiento endodóntico estándar para la revascularización de un diente permanente inmaduro no vital.⁽⁹⁷⁾

Mientras que Narang et al. concluyen que la fibrina rica en plaquetas como andamio con depósito de factores de crecimiento muestra una cicatrización periapical significativa, un alargamiento de la raíz y un engrosamiento de la pared dentinaria en los dientes permanentes inmaduros necróticos sobre el coágulo sanguíneo y el PRP. Y El coágulo de sangre y el PRP muestran resultados comparativos en términos de cierre apical, alargamiento de la raíz, engrosamiento de la pared dentinaria y cicatrización periapical.⁽⁵⁹⁾⁽¹⁴⁾⁽⁹⁶⁾ En una revisión sistema y metaanálisis realizada por Panda et al. indican que los concentrados de plaquetas autólogas, (PRF, PRP), mejoraron significativamente el cierre apical y la respuesta a las pruebas de vitalidad pulpar, mientras que no se observaron efectos significativos sobre el alargamiento de la raíz, el grosor de la pared de la dentina o la tasa de éxito de los dientes necróticos inmaduros tratados con endodoncia regenerativa. El PRP fue valioso como andamio en la revascularización/revitalización sobre el PRF sin diferencias significativas en los resultados primarios y secundarios.⁽¹²⁾⁽⁵⁰⁾

Las ventajas de este tratamiento regenerativo es la resolución de signos y síntomas, solución de la periodontitis apical. Engrosamiento de la pared radicular, alargamiento radicular, cierre apical natural, tiempo corto de tratamiento, recupera la irrigación y la inervación.⁽⁵³⁾ A pesar del gran éxito de la endodoncia regenerativa en términos de curación periodontal, incluida la resolución de los signos y síntomas clínicos y radiográficos, la continuación del desarrollo de la raíz sigue siendo un resultado impredecible. El uso de un coágulo de sangre como andamio en la endodoncia regenerativa debe revisarse cuidadosamente, ya que podría ofrecer un entorno para la reparación en lugar de la regeneración. Además, la preservación de estructuras, como la vaina de la raíz epitelial de Hertwig, puede tener una influencia importante en el éxito de este enfoque y debe investigarse más a fondo.⁽¹⁹⁾

Recientes revisiones sistemáticas y estudios de casos ilustran los resultados favorables de las tasas de éxito de la endodoncia regenerativa que varía entre el 90%- 97,8% según los materiales utilizados en la práctica clínica.⁽¹⁹⁾⁽³⁸⁾⁽⁴⁹⁾⁽⁵⁰⁾

Varios estudios de revisiones sistemáticas, estudios de casos, ensayos clínicos aleatorios demostraron que los tratamientos para dientes inmaduros con desarrollo radicular incompleto son una opción favorable en comparación con los tratamientos de conductos radicular

tradicional; estos tratamientos permiten el desarrollo continuo de la raíz y cierre apical. Considerando que el mejor tratamiento para dientes con vitalidad pulpar es la pulpotomía, por su elevada tasa de éxito. De igual forma, la endodoncia regenerativa es uno de los tratamientos para dientes sin vitalidad pulpar, que ha sido muy investigada en la última década, con publicaciones estudios de casos, con resultados comparables con la apexificación. La REP aborda la necesidad insatisfecha de promover el desarrollo y las respuestas fisiológicas normales en los dientes inmaduros con necrosis pulpar, lo cual es especialmente valioso para los pacientes jóvenes en crecimiento porque la conservación de los dientes es fundamental para su desarrollo esquelético y dental.

4. CONCLUSIONES

Se analizaron los tratamientos de dientes permanentes inmaduros con problemas de formación radicular incompleta, y se concluye que la pulpotomía según la tasa de éxito es la mejor alternativa, eficaz y conservadora para casos de dientes con vitalidad pulpar. Mientras que según las evidencias analizadas y los resultados de distintos artículos científicos documentados en este trabajo la apexificación y la endodoncia regenerativa son opción válida para tratar dientes con necrosis, siempre y cuando los casos sean diagnosticados acertadamente.

En la práctica clínica realizados en dientes permanentes inmaduros, se observó que los estudios muestran que tanto como en la terapia pulpar vital como apósito y la apexificación para formar la barrera apical, se han empleado el Hidróxido de Calcio y el Agregado Trióxido Mineral respectivamente, que presentan propiedades que favorecen positivamente en cada uno de los tratamientos. Sin embargo, con una diferencia notable la endodoncia regenerativa en la práctica clínica ofrecer altos niveles de éxito al reemplazar los tejidos pulpares enfermos o necróticos con tejido pulpar sano, utilizando células madres y andamios. Las aplicaciones de los enfoques regenerativos en las clínicas dentales tienen el potencial de mejorar drásticamente la calidad de vida de los pacientes.

Las ventajas son la preservación de la vitalidad pulpar, desarrollo, engrosamiento y cierre apical en el caso de la VPT, mientras que la ventaja de la apexificación es la formación de una barrera apical para obturar el conducto radicular, como desventaja de este tratamiento no se logra el desarrollo radicular, por lo tanto, la raíz es frágil con una tendencia muy elevada de fracturas. Y finalmente la Endodoncia Regenerativa tiene como ventaja restaurar la vitalidad y las funciones fisiológicas del complejo pulpa-dentina que se ha perdido por traumatismos o infecciones.

Se determinó que la tasa de éxito y fracaso de las diferentes técnicas fueron 90%-100% para pulpotomía, 74%-100% para apexificación y en 96,5% para endodoncia regenerativa.

5. PROPUESTA

En base a la literatura los tratamientos para dientes inmaduros con formación radicular incompleta, recomendado para dientes con pulpa vital es la pulpotomía y para dientes no vitales es la Endodoncia regenerativa, por lo tanto, los profesionales de la salud deberían tomar en cuenta la revisión de estos contenidos y aplicarlas con responsabilidad y ética de esta manera obtener un pronóstico favorable para los pacientes que presenta este tipo de problemas durante la infancia.

Según la evidencia analizada se recomienda que en la práctica clínica de debe tomar en cuenta los materiales más utilizados son el Hidróxido de calcio, MTA, Biodentine, CEM, para pulpotomía y para formar una barrera apical. Siendo el MTA e Hidróxido de calcio los de mayor recomendación de forma independiente o en conjunto. Mientras que la utilización de células madre, y usos de coagulo de sangre, PRP, PRF como andamio resulta ser la mejor elección para la revitalización.

Considerar que los dientes inmaduros ya sea vitales o con necrosis puede salvarse ya que las ventajas que más se suscitan son preservación de la vitalidad pulpar, desarrollo radicular fisiológico, engordamiento de las paredes dentinarias y cierre apical, que el profesional debe lograr al realizar un buen diagnóstico y al aplicar correctamente un tratamiento adecuado para dientes jóvenes y no pensar en soluciones rápidas como la extracción o apicectomía con retrobturación, puesto que existe materiales actuales, que ofrece grande beneficios al aplicarlos correctamente.

Al tener una tasa de éxito alta la pulpotomía con MTA será la mejor elección para dientes permanentes inmaduros con un 90%- 100% de éxito y la endodoncia regenerativa sería una opción válida para el tratamiento de dientes con necrosis y periodontitis apical con una tasa de éxito 96,5%, dando así un mejor pronóstico de supervivencia de la pieza dental.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Al-Kahtani A. Avulsed immature permanent central incisors obturated with mineral trioxide aggregate: a case report. *J Int oral Heal JIOH* [Internet]. 2013 Jun [cited 2021 Feb 23];5(3):88–96. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24155609>
2. Forghani M, Parisay I, Maghsoudlou A. Apexogenesis and revascularization treatment procedures for two traumatized immature permanent maxillary incisors: a case report. *Restor Dent Endod* [Internet]. 2013 [cited 2021 Feb 23];38(3):178. Available from: </pmc/articles/PMC3761128/>
3. Ruiz A. Selle apical con MTA en un diente con apexogénesis incompleta: reporte de caso. *CES Odontol*. 2012;25(1):54–61.
4. Sataloff RT, Johns MM, Kost KM. Apicoformaciòn con hidròxido de calcio en un òrgano dental con necrosis pulpar y àpice abierto. Reporte de caso. *Rev Odontol Latinoam* [Internet]. 2018;10:57–62. Available from: <https://www.odontologia.uady.mx/revistas/rol/pdf/V10N2p57.pdf>
5. Daraí B. Pérdida del primer molar permanente: factores de riesgo y salud bucodental en adolescentes. *Rev Finlay* [Internet]. 2017;7(1):17–25. Available from: <http://www.revfinlay.sld.cu/index.php/finlay/article/view/464>
6. Hernández C, Guerrero MP, Gutiérrez I, Corona A. Apexificación utilizando el hidróxido de calcio como primera alternativa de tratamiento TT - Apexification using calcium hydroxide as a first alternative treatment. *Odontol pediatr (Lima)* [Internet]. 2015;14(2):150–7. Available from: <http://repebis.upch.edu.pe/articulos/op/v14n2/a8.pdf>
7. Singh RK, Shakya VK, Khanna R, Singh BP, Jindal G, Kirubakaran R, et al. Interventions for managing immature permanent teeth with necrotic pulps. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;2017(6).
8. Dharmo B, Elezi B, Kragt L, Wolvius EB, Ongkosuwito EM. Does dental caries affect dental development in children and adolescents? *Bosn J Basic Med Sci* [Internet]. 2018 [cited 2021 Feb 25];18(2):198–205. Available from: </pmc/articles/PMC5988540/>
9. Darwish SS, Abd El Meguid SH, Wahba NA, Mohamed AAR, Chrzanowski W, Abou Neel EA. Root maturation and dentin–pulp response to enamel matrix derivative in pulpotomized permanent teeth. *J Tissue Eng* [Internet]. 2014 Jan 17 [cited 2021 Feb 25];5. Available from: </pmc/articles/PMC3924881/>
10. He L, Zhong J, Gong Q, Kim SG, Zeichner SJ, Xiang L, et al. Treatment of Necrotic Teeth by Apical Revascularization: Meta-analysis. *Sci Rep* [Internet]. 2017;7(1):1–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-14412-x>
11. Vijayran M, Chaudhary S, Manuja N, Kulkarni AU. Mineral trioxide aggregate (MTA) apexification: A novel approach for traumatised young immature permanent teeth. *BMJ Case Rep* [Internet]. 2013 [cited 2021 Feb 25];2013. Available from: </pmc/articles/PMC3603607/>

12. Rizk HM, Salah Al-Deen MSM, Emam AA. Comparative evaluation of Platelet Rich Plasma (PRP) versus Platelet Rich Fibrin (PRF) scaffolds in regenerative endodontic treatment of immature necrotic permanent maxillary central incisors: A double blinded randomized controlled trial. *Saudi Dent J* [Internet]. 2020 Jul 1 [cited 2021 Feb 25];32(5):224–31. Available from: [/pmc/articles/PMC7336024/](#)
13. Boj J. *Odontopediatría*. 2010th ed. Barcelona; 2004. 55–65 p.
14. Narang I, Mittal N, Mishra N. A comparative evaluation of the blood clot, platelet-rich plasma, and platelet-rich fibrin in regeneration of necrotic immature permanent teeth: A clinical study. *Contemp Clin Dent*. 2015;6(1):63–8.
15. Kim SG, Zhou J, Solomon C, Zheng Y, Suzuki T, Chen M, et al. Effects of Growth Factors on Dental Stem/Progenitor Cells. *Dent Clin North Am*. 2012;56(3):563–75.
16. Albuquerque MTP, Valera MC, Nakashima M, Nör JE, Bottino MC. Tissue-engineering-based strategies for regenerative endodontics. *J Dent Res*. 2014;93(12):1222–31.
17. Xu J, Gou L, Zhang P, Li H, Qiu S. Platelet-rich plasma and regenerative dentistry. *Aust Dent J*. 2020;65(2):131–42.
18. Vu TT, Nguyen MT, Sangvanich P, Nguyen QN, Thunyakitpisal P. Acemannan used as an implantable biomaterial for vital pulp therapy of immature permanent teeth induced continued root formation. *Pharmaceutics*. 2020;12(7):1–16.
19. Nazzal H, Duggal MS. Regenerative endodontics: a true paradigm shift or a bandwagon about to be derailed? *Eur Arch Paediatr Dent*. 2017;18(1):3–15.
20. Elfrink MEC, Heijdra JSC, Krikken JB, Kouwenberg-Bruring WH, Kouwenberg H, Weerheijm KL, et al. Regenerative endodontic therapy: a follow-up of 47 anterior traumatised teeth. *Eur Arch Paediatr Dent* [Internet]. 2020;(0123456789). Available from: <https://doi.org/10.1007/s40368-020-00584-0>
21. Tzanetakakis GN, Giannakoulas DG, Papanakou S, Gizani S, Lygidakis N. Regenerative endodontic therapy of immature permanent molars with pulp necrosis: a cases series and a literature review. *Eur Arch Paediatr Dent* [Internet]. 2020;(0123456789). Available from: <https://doi.org/10.1007/s40368-020-00550-w>
22. Ashraf H, Rahmati A, Amini N. Vital pulp therapy with calcium-silicate cements: Report of two cases. *Iran Endod J*. 2017;12(1):112–5.
23. Akhlaghi N, Khademi A. Outcomes of vital pulp therapy in permanent teeth with different medicaments based on review of the literature. *Dent Res J (Isfahan)*. 2015;12(5):406–17.
24. Sharawy WW, Ahmed HMA. Partial Pulpotomy of Immature Anterior Permanent Teeth with Complicated Crown Fractures: Report of Two Cases. *Int Dent Res*. 2017;7(3):71.
25. Yang YT, Xia B, Xu Z, Dou G, Lei Y, Yong W. The effect of partial pulpotomy with iRoot BP Plus in traumatized immature permanent teeth: A randomized prospective controlled trial. *Dent Traumatol*. 2020;36(5):518–25.

26. Gomes I. Partial Pulpotomy with Mineral Trioxide Aggregate in Permanent Incisors with Complicated Crown Fracture: 5-Year Follow-Up. *Case Rep Dent.* 2020;2020:3–8.
27. Ojeda-Gutierrez F, Martinez-Marquez B, Arteaga-Larios S, Ruiz-Rodriguez MS, Pozos-Guillen A. Management and Followup of Complicated Crown Fractures in Young Patients Treated with Partial Pulpotomy. *Case Rep Dent.* 2013;2013:1–5.
28. Lee S, Park YT, Setzer FC. Combined Regenerative and Vital Pulp Therapies in an Immature Mandibular Molar: A Case Report. *J Endod [Internet].* 2020;46(8):1085–90. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.04.006>
29. Ali Malekzadeh Shafaroudi HH. Mineral trioxide aggregate as a pulpotomy agent in immature teeth: Long-term case report. *Eur J Dent.* 2018;7(1):133–8.
30. Asgary S, Nourzadeh M, Eghbal MJ. Miniature pulpotomy of symptomatic mature permanent teeth: A report of two cases. *Iran Endod J.* 2016;11(1):75–8.
31. Tsukiboshi M, Ricucci D, Siqueira JF. Mandibular Premolars with Immature Roots and Apical Periodontitis Lesions Treated with Pulpotomy: Report of 3 Cases. *J Endod.* 2017;43(9):S65–74.
32. Geeta IB, Galagali G, Sangeeta K, Pushpa S, Noushin F. A natural meliorate: Revolutionary tissue engineering in endodontics. *J Clin Diagnostic Res.* 2013;7(11):2644–6.
33. Gihan Mohamed Abuelniel, Monty Singh Duggal NK. A comparison of MTA and Biodentine as medicaments for pulpotomy in traumatized anterior immature permanent teeth: A randomized clinical trial. *Dent Traumatol.* 2020;36(4):400–10.
34. Chen Y, Chen X, Zhang Y, Zhou F, Deng J, Zou J, et al. Materials for pulpotomy in immature permanent teeth: A systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health.* 2019;19(1):1–9.
35. Sabbagh S, Sarraf Shirazi A, Eghbal MJ. Vital pulp therapy of a symptomatic immature permanent molar with long-term success. *Iran Endod J.* 2016;11(4):347–9.
36. Ghorbanzadeh A, Ghorbanzadeh A. Maturogenesis of Two Maxillary Central Incisors: A Case Report with 10 Years of Follow Up. *J Dent (Tehran) [Internet].* 2015;12(4):306–15. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26622286><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4662769>
37. Pawan Darak, Manoj Likhitar, Shachi Goenka, Abhinav Kumar, Priyanka Madale and AK. Comparative evaluation of fracture resistance of simulated immature teeth and its effect on single visit apexification versus complete obturation using MTA and biodentine. *J Fam Med Prim Care [Internet].* 2020;9(4):1–9. Available from: <http://www.jfmprc.com/article.asp?issn=2249-4863;year=2017;volume=6;issue=1;spage=169;epage=170;aulast=Faizi>
38. Wikström A, Brundin M, Lopes MF, El Sayed M, Tsilingaridis G. What is the best long-term treatment modality for immature permanent teeth with pulp necrosis and

apical periodontitis? *Eur Arch Paediatr Dent* [Internet]. 2021;(0123456789). Available from: <https://doi.org/10.1007/s40368-020-00575-1>

39. Purra AR, Ahangar FA, Chadgal S, Farooq R. Mineral trioxide aggregate apexification: A novel approach. *J Conserv Dent*. 2016;19(4):377–80.
40. Razavian H, Haerian A, Mosleh H. Novel apexification method in a non-vital tooth with an open apex: a case report. *J Dent (Tehran)* [Internet]. 2014;11(3):371–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25628674> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4290767>
41. Staffoli S, Plotino G, Torrijos BGN, Grande NM, Bossù M, Gambarini G, et al. Regenerative endodontic procedures using contemporary endodontic materials. *Materials (Basel)*. 2019;16(6):1–28.
42. Ghosh S, Mazumdar D, Ray P, Bhattacharya B. Comparative evaluation of different forms of calcium hydroxide in apexification. *Contemp Clin Dent*. 2014;5(1):6–12.
43. Sharma V, Sharma S, Dudeja P, Grover S. Endodontic management of nonvital permanent teeth having immature roots with one step apexification, using mineral trioxide aggregate apical plug and autogenous platelet-rich fibrin membrane as an internal matrix: Case series. *Contemp Clin Dent*. 2016;7(1):67–70.
44. Damle SG, Bhattal H, Damle D, Dhindsa A, Loomba A, Singla S. Clinical and radiographic assessment of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide as apexification agents in traumatized young permanent anterior teeth: A comparative study. *Dent Res J (Isfahan)*. 2016;13(3):284–91.
45. Nicolescu M. Regenerative Perspective in Modern Dentistry. *Dent J*. 2016;4(2):10.
46. Ramta Bansal, aditya Jain, sUnandan mittal, taRUn KUmaR dilpReet K. Regenerative Endodontics: A Road Less Travelled. *J Clin Diagnostic Res*. 2014;1–5.
47. Naimah Zein, Ezeddine Harmouch, Jean-Christophe Lutz, Gabriel Fernandez De Grado, Sabine Kuchler-Bopp FC, Damien Offner, Guoqiang Hua NB-J and FF. Polymer-Based Instructive Scaffolds for Endodontic Regeneration. *Materials (Basel)*. 2019;12:1–18.
48. Matichescu A, Ardelean LC, Rusu LC, Craciun D, Bratu EA, Babucea M, et al. Advanced biomaterials and techniques for oral tissue engineering and regeneration— a review. *Materials (Basel)*. 2020;13(22):1–37.
49. Lopes L, Neves JA, Botelho J, Machado V, Mendes JJ. Regenerative endodontics procedure: An umbrella review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(2):1–17.
50. Panda S, Mishra L, Arbildo-Vega HI, Lapinska B, Lukomska-Szymanska M, Khijmatgar S, et al. Effectiveness of Autologous Platelet Concentrates in Management of Young Immature Necrotic Permanent Teeth-A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cells*. 2020;9(10).
51. Nuni E. Pulp Therapy for the Young Permanent Dentition. *Pediatric Endodontics: Current Concepts in Pulp Therapy for Primary and Young Permanent Teeth*. 2016.

117–148 p.

52. Manoj Kumar Pulyodan, Sunil Paramel Mohan, Dhanya Valsan, Namitha Divakar, Shabna Moyin A, Thayyil S. Regenerative Endodontics: A Paradigm Shift in Clinical Endodontics. *Asian J Pharm Clin Res.* 2017;7(10):1–5.
53. Gathani KM, Raghavendra SS. Scaffolds in regenerative endodontics: A review. *Dent Res J (Isfahan).* 2016;13(5):379–86.
54. Shivashankar VY, Johns DA, Vidyanath S, Ramesh Kumar M. Platelet Rich Fibrin in the revitalization of tooth with necrotic pulp and open apex. *J Conserv Dent.* 2012;15(4):395–8.
55. Bansal R, Jain A, Mittal S. Current overview on challenges in regenerative endodontics. *J Conserv Dent.* 2015;18(1):1–6.
56. Khoshkhounejad M, Shokouhinejad N, Pirmoazen S. Regenerative Endodontic Treatment: Report of Two Cases with Different Clinical Management and Outcomes. *J Dent (Tehran)* [Internet]. 2015;12(6):460–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26884781> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4754573>
57. Yoshpe M, Kaufman AY, Lin S, Ashkenazi M. Regenerative endodontics: a promising tool to promote periapical healing and root maturation of necrotic immature permanent molars with apical periodontitis using platelet-rich fibrin (PRF). *Eur Arch Paediatr Dent* [Internet]. 2020; Available from: <https://doi.org/10.1007/s40368-020-00572-4>
58. Mohammad Ali SAGHIRI, Armen ASATOURIAN, Franklin GARCIA-GODOY and NS. Effect of biomaterials on angiogenesis during vital pulp therapy. *Dent Mater J.* 2016;35(5):701–9.
59. Sakthivel S, Gayathri V, Anirudhan S, Roja RJS. Platelet-rich fibrin and collagen matrix for the regeneration of infected necrotic immature teeth. *J Clin Transl Res.* 2020;6(1):1–5.
60. Ajram J, Khalil I, Gergi R, Zogheib C. Management of an immature necrotic permanent molar with apical periodontitis treated by regenerative endodontic protocol using calcium hydroxide and MM-MTA: A case report with two years follow up. *Dent J.* 2019;7(1):1–6.
61. Carmen L, Asunción M, Beatriz S, Rosa YV. Revascularization in immature permanent teeth with necrotic pulp and apical pathology: Case series. *Case Rep Dent.* 2017;2017.
62. Nazzal H, Ainscough S, Kang J, Duggal MS. Revitalisation endodontic treatment of traumatised immature teeth: a prospective long-term clinical study. *Eur Arch Paediatr Dent* [Internet]. 2020;21(5):587–96. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40368-019-00501-0>
63. Kishen A, Peters O, Zehnder M, Diogenes A, Nair M. Advances in endodontics: Potential applications in clinical practice. *J Conserv Dent.* 2016;19(3):199–206.
64. Johns DA, Shivashankar VY, Krishnamma S, Johns M. Use of photoactivated

- disinfection and platelet-rich fibrin in regenerative Endodontics. *J Conserv Dent*. 2014;17(5):487–90.
65. FF Demarco, MCM Conde, B Cavalcanti, L Casagrande, V Sakai, and JE Nörx Y. Dental pulp tissue engineering. *Braz Dent J*. 2011;22(1):3–14.
 66. Marwa M. S. Abbass, El-Rashidy AA, Sadek KM, Radwan IA, Rady D, And CED, et al. Hydrogels and dentin–pulp complex regeneration: From the benchtop to clinical translation. *Polymers (Basel)*. 2020;12(12):1–65.
 67. Suresh N, Arul B, Kowsky D, Natanasabapathy V. Successful regenerative endodontic procedure of a nonvital immature permanent central incisor using amniotic membrane as a novel scaffold. *Dent J*. 2018;6(3).
 68. Yoshida S, Tomokiyo A, Hasegawa D, Hamano S, Sugii H, Maeda H. Insight into the role of dental pulp stem cells in regenerative therapy. *Biology (Basel)*. 2020;9(7):1–24.
 69. Kim SG, Zhou J, Ye L, Cho S, Suzuki T, Fu SY, et al. Regenerative Endodontics: Barriers and Strategies for Clinical Translation. *Dent Clin North Am*. 2014;56(3):639–49.
 70. Baru O, Nutu A, Braicu C, Cismaru CA, Berindan-Neagoe I, Buduru S, et al. Angiogenesis in regenerative dentistry: Are we far enough for therapy? *Int J Mol Sci*. 2021;22(2):1–19.
 71. Yang J, Yuan G, Chen Z. Pulp regeneration: Current approaches and future challenges. *Front Physiol*. 2016;7(MAR):1–8.
 72. Ivica A, Ghayor C, Zehnder M, Valdec S, Weber FE. Pulp-Derived Exosomes in a Fibrin-Based Regenerative Root Filling Material. *J Clin Med*. 2020;9(2):491.
 73. Al-Ghamdi NS, Al-Nazhan S. Pulp revascularization of immature maxillary first premolar. *J Conserv Dent*. 2015;18(6):496–9.
 74. Duggal M, Tong HJ, Al-Ansary M, Twati W, Day PF, Nazzal H. Interventions for the endodontic management of non-vital traumatised immature permanent anterior teeth in children and adolescents: a systematic review of the evidence and guidelines of the European Academy of Paediatric Dentistry [Internet]. Vol. 18, *European Archives of Paediatric Dentistry*. Springer Verlag; 2017 [cited 2021 Jan 26]. p. 139–51. Available from: <http://toxnet>.
 75. Martens L, Rajasekharan S, Cauwels R. Pulp management after traumatic injuries with a tricalcium silicate-based cement (Biodentine™): a report of two cases, up to 48 months follow-up. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2015;16(6):491–6.
 76. Sheth PP, Lolayekar N V, Hegde AM. Use of Biodentine™ for Vital Pulp Therapy in Children: Three Case Reports. *Indian J Public Heal Res Dev*. 2020;(May).
 77. Amin SAW, Gawdat SI. Retention of BioAggregate and MTA as coronal plugs after intracanal medication for regenerative endodontic procedures: an ex vivo study . *Restor Dent Endod*. 2018;43(3):1–12.
 78. Krishnapriya V, Gaur D, Santosh Kumar CH, Shilpa G. Physiological root end closure

in a traumatized young permanent tooth using collagen particles as pulpal dressing. *J Clin Diagnostic Res.* 2017;11(1):ZD43–4.

79. Ramezani M, Sanaei-rad P, Hajihassani N. Revascularization and vital pulp therapy in immature molars with necrotic pulp and irreversible pulpitis: A case report with two-year follow-up. *Clin Case Reports.* 2020;8(1):206–10.
80. Alobaid AS, Cortes LM, Lo J, Nguyen TT, Albert J, Abu-Melha AS, et al. Radiographic and clinical outcomes of the treatment of immature permanent teeth by revascularization or apexification: A pilot retrospective cohort study. *J Endod* [Internet]. 2014 [cited 2021 Feb 23];40(8):1063–70. Available from: </pmc/articles/PMC4159254/>
81. Duggal M, Tong HJ, Al-Ansary M, Twati W, Day PF, Nazzal H. Interventions for the endodontic management of non-vital traumatised immature permanent anterior teeth in children and adolescents: a systematic review of the evidence and guidelines of the European Academy of Paediatric Dentistry. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2017;18(3):139–51.
82. Guerrero F, Mendoza A, Ribas D, Aspiazu K. Apexification: A systematic review. *J Conserv Dent* [Internet]. 2018 [cited 2021 Feb 23];21(5):462. Available from: </pmc/articles/PMC6161512/>
83. Rudagi KB, Rudagi BM. One-step apexification in immature tooth using grey mineral trioxide aggregate as an apical barrier and autologous platelet rich fibrin membrane as an internal matrix. *J Conserv Dent.* 2012;15(2):196–9.
84. Silveira CMM, Sebrão CCN, Vilanova LSR, Sánchez-Ayala A. Apexification of an immature permanent incisor with the use of calcium hydroxide: 16-year follow-up of a case. *Case Rep Dent.* 2015;2015.
85. Li C, Zheng Z, Deng X, Zhang L, Wang B, Guo Q, et al. Apexification Management of Mandibular Second Premolar with a Blunderbuss Apex and Periapical Lesion of an Adult Patient. *Case Rep Dent.* 2019;2019:2–5.
86. Gawthaman M, Vinodh S, Mathian V, Vijayaraghavan R, Karunakaran R. Apexification with calcium hydroxide and mineral trioxide aggregate: Report of two cases. *J Pharm Bioallied Sci.* 2013;5(SUPPL. 2).
87. Sinha N, Singh B, Patil S. Cone beam-computed topographic evaluation of a central incisor with an open apex and a failed root canal treatment using one-step apexification with Biodentine™: A case report. *J Conserv Dent.* 2014;17(3):285–9.
88. Nuvvula S, Melkote T, Mohapatra A, Nirmala S. Management of immature teeth with apical infections using mineral trioxide aggregate. *Contemp Clin Dent.* 2010;1(1):51.
89. Silva RV, Silveira FF, Nunes E. Apexification in non-vital teeth with immature roots: Report of two cases. *Iran Endod J.* 2015;10(1):79–81.
90. Lee G, Chung C, Kim S, Shin S-J. Observation of an extracted premolar 2.5 years after mineral trioxide aggregate apexification using micro-computed tomography. *Restor Dent Endod.* 2020;45(2):2–7.

91. Beslot Neveu A, Bonte E, Baune B, Serreau R, Aissat F, Quinquis L, et al. Mineral trioxide aggregate versus calcium hydroxide in apexification of non vital immature teeth: Study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* [Internet]. 2011;12(1):174. Available from: <http://www.trialsjournal.com/content/12/1/174>
92. Tatiana M. Botero, DDS, MS, Xianli Tang, DDS, MS, Richard Gardner, DDS, Jan C.C. Hu, BDS, PhD, James R. Boynton, DDS, MS, G. Rex Holland, BSc, BDS P. Clinical Evidence for Regenerative Endodontic Procedures: Immediate versus Delayed Induction? *J Endod.* 2017;43(9):1–17.
93. Boufdil H, Mtalsi M, El Arabi S, Bousfiha B. Apexification with Calcium Hydroxide vs. Revascularization. *Case Rep Dent.* 2020;2020.
94. Tong HJ, Sim YF, Berdouses E, Al-Jundi S, El Shahawy O, Nazzal H. Regenerative endodontic therapy (RET) for managing immature non-vital teeth: experiences and opinions of paediatric dental practitioners in the European and Arabian regions. *Eur Arch Paediatr Dent* [Internet]. 2020;(0123456789). Available from: <https://doi.org/10.1007/s40368-020-00542-w>
95. Kaushik SN, Kim B, Cruz Walma AM, Choi SC, Wu H, Mao JJ, et al. Biomimetic microenvironments for regenerative endodontics. *Biomater Res* [Internet]. 2016;20(1):1–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s40824-016-0061-7>
96. Alagl A, Bedi S, Hassan K, AlHumaid J. Use of platelet-rich plasma for regeneration in non-vital immature permanent teeth: Clinical and cone-beam computed tomography evaluation. *J Int Med Res.* 2017;45(2):583–93.
97. Shivashankar VY, Johns DA, Maroli RK, Sekar M, Chandrasekaran R, Karthikeyan S, et al. Comparison of the effect of PRP, PRF and induced bleeding in the revascularization of teeth with necrotic pulp and open apex: A triple blind randomized clinical trial. *J Clin Diagnostic Res.* 2017;11(6):ZC34–9.
98. Bottino MC, Kamocki K, Yassen GH, Platt JA, Vail MM, Ehrlich Y, et al. Bioactive nanofibrous scaffolds for regenerative endodontics. *J Dent Res.* 2013;92(11):963–9.
99. Casagrande L, Cordeiro MM, Nör SA, Nör JE. Dental pulp stem cells in regenerative dentistry. *Odontology.* 2011;99(1):1–7.
100. Sindi AS. Management of bilaterally immature permanent teeth using various treatment modalities. *Saudi Endod J.* 2018;8(3):222–7.
101. Subay RK, Ilhan B, Ulukapi H. Mineral trioxide aggregate as a pulpotomy agent in immature teeth: Long-term case report. *Eur J Dent.* 2013;7(1):133–8.
102. Aggarwal V, Miglani S, Singla M. Conventional apexification and revascularization induced maturogenesis of two non-vital, immature teeth in same patient: 24 months follow up of a case. *J Conserv Dent.* 2012;15(1):68–72.
103. Alghamdi FT, Alqurashi AE. Regenerative Endodontic Therapy in the Management of Immature Necrotic Permanent Dentition: A Systematic Review. *Sci World J.* 2020;2020.
104. Nagas E, Uyanik MO, Cehreli ZC. Revitalization of necrotic mature permanent

- incisors with apical periodontitis: a case report. *Restor Dent Endod*. 2018;43(3):1–7.
105. Zhai Q, Dong Z, Wang W, Li B, Jin Y. Dental stem cell and dental tissue regeneration. *Front Med*. 2019;13(2):152–9.
106. Nuti N, Corallo C, Chan BMF, Ferrari M, Gerami-Naini B. Multipotent Differentiation of Human Dental Pulp Stem Cells: a Literature Review. *Stem Cell Rev Reports* [Internet]. 2016;12(5):511–23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s12015-016-9661-9>

7. ANEXOS

7.1 Anexo 1. Tabla de caracterización de artículos científicos escogidos para la revisión.

Nº	Título del artículo	Nº citaciones	Año de publicación	Acc	Revista	Factor de impacto SJR	Cuartil	Lugar de búsqueda	Área	Publicación	Colección de datos	Tipo de estudio	Participantes	Contexto estudio	País Estudio	País de publicación

7.2 Anexo 2. Tabla de metaanálisis utiliza para la revisión sistemática.

Autor	Titulo	Año	Tratamiento	Tratamientos en la práctica clínica	Ventajas	Desventajas	Tasa de éxito y fracaso de las diferentes técnicas.	Otra observación