



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**EFICACIA DE LAS SOLUCIONES IRRIGANTES EN LOS
PROCEDIMIENTOS DE ENDODONCIA REGENERATIVA.**

Autores:
Gómez Hillary
Rodríguez Daniela

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA**



**EFICACIA DE LAS SOLUCIONES IRRIGANTES EN LOS
PROCEDIMIENTOS DE ENDODONCIA REGENERATIVA.**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
ODONTÓLOGO

Autoras:

Br. Gómez Cañas Hillary Dibeth

C.I. V-29.770.827

Br. Rodríguez Heredia Daniela Camila

CI. V-28.297.134

Tutora Académica:

Od. Ivette Alsina

C.I. V-11.528.130

San Diego, octubre 2023



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA.**



**EFICACIA DE LAS SOLUCIONES IRRIGANTES EN LOS
PROCEDIMIENTOS DE ENDODONCIA REGENERATIVA.**

ESTUDIANTES:

Cédula de Identidad N°

1. V-29.770.827
2. V-28.297.134

Nombres y apellidos

- Hillary Dibeth Gómez Cañas
Daniela Camila Rodríguez Heredia

Tutor Propuesto: Od. Ivette Alsina

Cédula de Identidad N° V-11.528.130

COORDINACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

Firma

Sello

Fecha



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA



CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Mediante la presente hago constar que he leído el Proyecto, elaborado por los ciudadanos Hillary Gomez y Daniela Rodriguez, titulares de la cédula de identidad N° V. 29770827 y V. 28297134, respectivamente, para optar al grado académico de Odontólogo, cuyo título es EFICACIA DE LAS SOLUCIONES IRRIGANTES EN LOS PROCEDIMIENTOS DE ENDODONCIA REGENERATIVA, adscrito a la línea de investigación: Odontología Clínica y correctiva, y declaro que acepto la tutoría del mencionado Proyecto y de Trabajo de Grado durante su etapa de desarrollo hasta su presentación y evaluación por el jurado evaluador que se designe; según las condiciones del Reglamento de Estudios de la Universidad José Antonio Páez.

En San Diego, a los 29 días del mes de mayo del año dos mil veintitrés.

(Firma autógrafa del tutor)

Ivette Alsina

CI V- 11528130



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA**



ACTA DE REVISIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

Quien suscribe, **Od. Ivette Alsina**, titular de la cédula de identidad N° **V-xxx**, en mi carácter de tutora del trabajo de grado presentado por las ciudadanas, **Gómez Hillary** y **Rodríguez Daniela**, titulares de la cédula de identidad N° **V-29.770.827** y **V-28.297.134**, respectivamente, cuyo título es **“EFICACIA DE LAS SOLUCIONES IRRIGANTES EN LOS PROCEDIMIENTOS DE ENDODONCIA REGENERATIVA.”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Odontólogo, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a xxxxx de octubre del año dos mil veintitrés.

Od. Ivette Alsina
C.I. V-11.528.130



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA



ACTA DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ciencias de la Salud para la evaluación del Trabajo de Grado titulado: "EFICACIA DE LAS SOLUCIONES IRRIGANTES EN LOS PROCEDIMIENTOS DE ENDODONCIA REGENERATIVA.", realizado por las ciudadanas Gómez Cañas Hillary Dibeth, titular de la cédula de identidad N° V-29.770.827 y Rodríguez Heredia Daniela Camila, titular de la cédula de identidad N° V-28.297.134, cursantes de la carrera de ODONTOLOGÍA, hace constar después de analizar su contenido y oír la exposición oral, considera que reúne los méritos suficientes para su aprobación.

En San Diego, a los 14 días del mes de noviembre del año dos mil veintitres.

Jurado

Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Od. Ivette Alsina
C.I.: V -11.528.130



Jurado
Nombre: *Paola...*
C.I.: 9824398

Jurado
Nombre: *Jelena Veloz*
C.I.: 17495115

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis

A mis padres *José Gómez* y *Shirley Cañas*, quienes han sido el pilar fundamental para cumplir mis metas, dándome todo su amor y dedicación. ¡GRACIAS! Sin ustedes jamás lo hubiese logrado, son lo más importante de mi vida. Este sueño lo compartimos juntos.

A mi abuela *Ines Aponte*, quien junto con mi abuelo *Luis Cañas* se convirtieron en mis segundos padres. ¡GRACIAS! por inculcarme los valores para ser la mujer que soy hoy en día, este logro también es por ustedes.

A mi hermosa hermana *Brenda Dariana* por ser tan incondicional y sobre todo por entender muchas cosas que en un futuro podré recompensar y hacerla muy feliz, mi pequeña terremoto jamás olvides que te amo y esto también es por y para ti.

A mis grandes amigas *Dulce Carreño* y *Stephanny Prada* ¡GRACIAS! Por confiar en mí y sobre todo estar cuando mas las he necesitado a lo largo de este camino, la distancia no es un impedimento para demostrar que las verdaderas amistades existen.

A mi querida *Daniela Rodríguez*, sin pensarlo el destino nos juntó para volvernos mas que amigas, hermana gracias por compartir toda la carrera junto a mi, jamás olvidaré los momentos tan únicos que hemos pasado juntas, esto solo es el principio de una gran vida llena de éxitos para ambas.

A mi amiga *Elianny Bastidas* quien a sido una de las mejores amigas que la universidad me pudo dar, gracias por estar siempre y por compartir tantos momentos juntas, sin duda desde el día uno hicimos un clik, somos la verdadera frase “no me equivoqué de puesto el primer día de clases”

A mis queridos amigos y futuros colegas *Brayan Ramirez* y *Humberto Márquez* quienes pasaron de ser unos totalmente desconocidos a mis hermanos, ustedes fueron parte de todo este recorrido durante 4 años, gracias por cada enseñanza y locuras que vivimos.

Sin dejar a un lado, ¡GRACIAS DIOS por todo lo bonito que me has dado!

Hillary

RECONOCIMIENTO

A mi casa de estudio, la **Universidad José Antonio Páez** por su excelencia y calidad en la formación de mi empeño profesional.

A mi tutora **Ivette Alsina** por su exigencia y dedicación

Hillary Gómez

DEDICATORIA

Primero y principal quiero dedicar este logro a mi padre *José Rodríguez* por ser el motor de mi vida y por creer en mis capacidades, porque sin su apoyo incondicional nada de esto estaría pasando. *Esto es por y para ti padre.*

A mi madre *Johana Heredia* por ser una madre ejemplar, por su apoyo y sus consejos que muchas veces me dan fuerzas para seguir en mis momentos de crisis.

A mi hermana *Anthonella Rodríguez* por ser mi pequeño impulso a ser cada día mejor.

A *Rosa Omaira Aguilar* simplemente por existir y ser un pilar fundamental en mi vida, a mis otros abuelos *Saúl, Amparo y Marcos.*

A *Mayra Johana Rodríguez* por ser una segunda madre para mí, a mi otra hermana *Isabella Valentina.*

A *Hillary Gómez*, mi compañera de tesis y la persona que la vida me regaló desde el primer momento he incluso antes de empezar este viaje, la considero mi hermana de otra madre ya que se convirtió en mi compañía y paño de lágrimas, ¡gracias por ser una persona incondicional!

A *Elianny Bastidas* por ser una amiga incondicional y una persona maravillosa.

A mis roomies *Humberto Márquez y Alejandro Calderas* por ser mi familia en este trayecto, se ganaron mi corazón gracias por su apoyo y sus consejos.

A mis amigos *Isabella O. Mónica G. Gabriela M. Melany R. Estefanny V.* Gracias por aportar su granito de arena en este camino.

Y a *José Duarte* por siempre estar pendiente y brindarme su cariño y apoyo incondicional.

Daniela Rodríguez

RECONOCIMIENTO

Primero quiero agradecer a **Dios** y a mi casa de estudios la **Universidad José Antonio Páez**

A mi tutora Ivette Alsina por ser un gran ejemplo y hacerme amar la clínica.

Daniela Rodríguez

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO		pp.
LISTA DE FIGURAS.....		xii
LISTA DE CUADROS.....		xiii
RESUMEN INFORMATIVO.....		xiv
INFORMATIVE SUMMARY.....		xv
INTRODUCCIÓN.....		1
Capítulo		
I	EL PROBLEMA.....	3
	1.1 Planteamiento del problema.....	3
	1.2 Formulación del problema.....	6
	1.3 Objetivos de la investigación.....	7
	1.4 Justificación de la investigación.....	7
II	MARCO TEÓRICO.....	10
	2.1 Antecedentes de la investigación.....	10
	2.2 Bases teóricas.....	12
	2.3 Bases legales.....	18
	2.4 Definición de términos.....	20
III	MARCO METODOLÓGICO.....	22
	3.1 Tipo y diseño de investigación.....	22
	3.2 Métodos de búsqueda y recolección de información.....	22
	3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	
	3.3 Análisis e interpretación de la información.....	25
IV	SÍNTESIS Y ANÁLISIS.....	26
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS.....		57

LISTA DE FIGURAS

Figura		pp
1	Proceso de selección. PRISMA, informes escogidos. Elementos para revisiones sistemáticas.	24

LISTA DE CUADROS

Cuadro		pp
1	Propiedades de las soluciones irrigantes usadas en los procedimientos de endodoncia regenerativa.	27
2	Ventajas y desventajas de las soluciones irrigantes en los procedimientos de endodoncia regenerativa.	38
3	Soluciones irrigantes idóneas en los procedimientos de endodoncia regenerativa	43



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA



**EFICACIA DE LAS SOLUCIONES IRRIGANTES EN LOS
PROCEDIMIENTOS DE ENDODONCIA REGENERATIVA.**

Autora: Hillary Gómez

Autora: Daniela Rodríguez

Tutora: Od. Ivette Alsina

Línea de investigación:

Odontología clínica y correctiva

Fecha:xxx, 2023

RESUMEN INFORMATIVO

Introducción: La endodoncia regenerativa es un enfoque terapéutico prometedor para el tratamiento de los dientes con necrosis pulpar y lesiones periapicales. La eficacia de las soluciones irrigantes juega un papel crucial en la eliminación de los microorganismos presentes en el sistema de conductos radiculares, así como en la desinfección de la dentina radicular. **Objetivo:** Analizar la eficacia de las soluciones irrigantes en los procedimientos de endodoncia regenerativa. **Metodología:** Se desarrolló una revisión bibliográfica, donde se recopilaron artículos originales contenidos en bases de datos especializadas como Pub-Med, SciELO, ReserchGate, Medline, entre otras. Se realizaron búsquedas utilizando palabras clave “Soluciones Irrigantes”, “Endodoncia Regenerativa”, “Irrigación, Limpieza y Desinfección de conductos” en español e inglés. **Resultados:** Fueron 29 los estudios seleccionados luego de aplicar criterios de inclusión y exclusión que incluyeron diez revisiones de literatura, nueve reportes de casos clínicos y diez correspondieron a estudios de campo (in vitro, experimentales y cuasi experimentales) publicados entre los años 2018 y 2023, siendo analizados críticamente en cuanto a características, propiedades e idoneidad de los irrigantes usados en endodoncia regenerativa. **Conclusión:** Aunque hay nuevas sustancias como el agua de nanoburbujas y técnicas como irrigación ultrasónica para la desinfección en conductos radiculares con tratamiento de endodoncia regenerativa, no se consiguieron soluciones irrigantes ideales ni un protocolo universal capaz de erradicar contaminantes derivados de la necrosis e infección pulpar, sin afectar la capacidad de reposición y revascularización de células madre y factores de regeneración de tejidos dentales. El uso combinado de NaOCL con EDTA sigue siendo regla de oro para desinfección de conductos radiculares.

Descriptor: irrigantes, endodoncia regenerativa, desinfección



**BOLIVARIAN REPUBLIC OF VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTY OF HEALTH SCIENCES
SCHOOL OF DENTISTRY**



**EFFICACY OF IRRIGANT SOLUTIONS IN REGENERATIVE
ENDODONTICS PROCEDURES.**

Author: Hillary Gómez

Author: Daniela Rodríguez

Tutor: Od. Ivette Alsina

Line of research:

Clinical and corrective dentistry

Date: xxx, 2023

INFORMATIVE SUMMARY

Introduction: Regenerative endodontics is a promising therapeutic approach for the treatment of teeth with pulp necrosis and periapical lesions. The effectiveness of irrigating solutions plays a crucial role in the elimination of microorganisms present in the root canal system, as well as in the disinfection of root dentin. **Objective:** Analyze the effectiveness of irrigating solutions in regenerative endodontic procedures. **Methodology:** A bibliographic review was developed, where original articles contained in specialized databases such as Pub-Med, SciELO, ResearchGate, Medline, among others, were compiled. Searches were carried out using keywords “Irrigating Solutions”, “Regenerative Endodontics”, “Irrigation, Cleaning and Disinfection of canals” in Spanish and English. **Results:** There were 29 studies selected after applying inclusion and exclusion criteria that included ten literature reviews, nine clinical case reports and ten corresponded to field studies (in vitro, experimental and quasi-experimental) published between 2018 and 2023, being critically analyzed in terms of characteristics, properties and suitability of irrigants used in regenerative endodontics. **Conclusion:** Although there are new substances such as nanobubble water and techniques such as ultrasonic irrigation for disinfection in root canals with regenerative endodontic treatment, ideal irrigating solutions or a universal protocol capable of eradicating contaminants derived from pulp necrosis and infection were not achieved. without affecting the capacity for replacement and revascularization of stem cells and dental tissue regeneration factors. The combined use of NaOCL with EDTA remains the gold standard for root canal disinfection.

Descriptors: irrigants, regenerative endodontics, disinfection

INTRODUCCIÓN

La endodoncia regenerativa (ER) ha surgido como una prometedora alternativa de avance en el campo de la endodoncia biológica y clínica, siendo primera opción de tratamiento para dientes inmaduros con necrosis pulpar basada en el éxito de muchos casos publicados en la literatura (1), cuyo objetivo es restablecer la estructura y función de los tejidos dentales afectados por lesiones pulpares o periapicales.

Al realizar un tratamiento de endodoncia regenerativo, los protocolos de desinfección presentan enfoques diferentes a los procedimientos convencionales, con el objetivo de obtener un microambiente adecuado, propicio para la proliferación y diferenciación de las células madre. Se utilizan técnicas de irrigación y medicación intracanal, con mínima o ninguna instrumentación mecánica en las paredes dentinarias del conducto radicular (2). Son variados los elementos que intervienen en el procedimiento de ER siendo a eficacia de las soluciones irrigantes quienes desempeñan un papel crucial en el éxito de dicho procedimiento. Estas soluciones son utilizadas durante el tratamiento para desinfectar y limpiar el sistema de conductos radiculares, eliminando los microorganismos presentes y preparando el medio para el crecimiento de nuevas células y tejidos. Diversos agentes irrigantes han sido utilizados en la práctica clínica, incluyendo hipoclorito de sodio, clorhexidina,

ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y peróxido de hidrógeno, entre otros. Sin embargo, a pesar de los avances en el campo de la endodoncia regenerativa, aún existen interrogantes acerca de la eficacia de las soluciones irrigantes utilizadas en estos procedimientos. Si bien algunas soluciones han demostrado propiedades antimicrobianas y capacidad de remoción de la capa de barro dentinario, también se han identificado limitaciones y efectos adversos asociados a su uso.

La Asociación Americana de Endodoncistas (AAE) recomienda algunos pasos clínicos durante los procedimientos de ER, mediante el uso de soluciones irrigantes y auxiliares, como el hipoclorito de sodio (NaOCl) al 1,5% y el EDTA al 17%, respectivamente (3).

En razón de ello el objetivo de este trabajo es analizar la eficacia de las soluciones irrigantes en los procedimientos de ER, destacando que el tipo de ésta investigación de acuerdo a su enfoque es documental con diseño bibliográfico, ya que se revisó la literatura publicada durante el período 2018-2023, contentiva de los indicadores soluciones irrigantes en endodoncia regenerativa, eficacia, ventajas y desventajas de las soluciones irrigantes para su análisis crítico. El trabajo de investigación quedó estructurado en cinco capítulos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En los últimos años la medicina regenerativa ha experimentado un avance significativo, esta rama de las ciencias médicas tiene como objetivo estimular o regenerar células, tejidos u órganos para establecer su función normal. Los métodos utilizados incluyen la aplicación de factores estimuladores y otros elementos solubles que intervienen en procesos biológicos. terapias génicas e ingeniería tisular *in vitro* e *in vivo* (4).

Se considera un gran desafío clínico el restablecimiento de la maduración radicular y la vitalidad en dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar/periodontitis apical, pero esto no es imposible, lográndose gracias a la endodoncia regenerativa, la cual es una modalidad de tratamiento emergente en odontología a través de la revascularización (5).Aunado a esto, la endodoncia regenerativa es un conjunto de procedimientos biológicos diseñados para reemplazar estructuras dentales dañadas, incluyendo la dentina, las estructuras radiculares y las células del complejo dentinopulpar. Estos procedimientos utilizan la ingeniería de tejidos, células madre, andamios y factores de crecimiento para regenerar el complejo pulpa-dentina con el fin de preservar las raíces dentales naturales (6).

Pese a que la endodoncia regenerativa es un tratamiento innovador y ampliamente aplicado en el campo de la odontología, entre profesionales de la odontología existe

un desconocimiento sobre este tema. El tratamiento endodóntico de los dientes permanentes inmaduros está plagado de desafíos. Aunque las modalidades de tratamiento para la terapia pulpar vital en estos dientes proporcionan resultados favorables a largo plazo, los resultados del tratamiento de la necrosis pulpar y la periodontitis apical son significativamente menos predecibles. Los dientes inmaduros diagnosticados con necrosis pulpar se han tratado tradicionalmente con enfoques de apexificación o apexogénesis. Desafortunadamente, estos tratamientos brindan poco o ningún beneficio para promover el desarrollo continuo de las raíces. Los procedimientos de endodoncia regenerativa han surgido como una alternativa importante en el tratamiento de dientes con un pronóstico a largo plazo cuestionable debido a las paredes dentinarias delgadas y frágiles y a la falta de inmunocompetencia. Estos procedimientos dependen en gran medida de la desinfección química del sistema de conductos radiculares. Tradicionalmente, los irrigantes y medicamentos se han elegido por su máximo efecto antimicrobiano sin tener en cuenta sus efectos sobre las células madre y el microambiente dentinario (7). La desinfección es un paso crítico en los procedimientos de regeneración endodóntica, ya que las raíces inmaduras con paredes dentinarias delgadas, frágiles y subdesarrolladas representan una contraindicación para la instrumentación mecánica. Además, pueden quedar restos de células madre viables de la pulpa dental (DPSC) en el conducto radicular, independientemente de si la pulpa está inflamada o necrótica. Por lo tanto, el desbridamiento químico sigue siendo la principal forma de desinfección en la regeneración endodóntica (8).

En el campo de la endodoncia, una solución de desinfección ideal debe poseer una

serie de características específicas. Es importante que proporcione lubricación tanto para los instrumentos de endodoncia como para los conductos radiculares, que tenga una acción antimicrobiana efectiva, capacidad de disolver sustancias tanto orgánicas como inorgánicas, además de no tener citotoxicidad. Lo más importante es que la solución no altere la micro estructura dental, lo que garantiza la integridad de la estructura dental y la salud bucal del paciente (9).

En contexto, se entiende por irrigación el lavado de las paredes del conducto con una o más soluciones antisépticas, y la aspiración de su contenido con rollos de algodón, conos de papel, gasas o aparatos de succión. La irrigación complementada con la aspiración constituye recursos insuperables para la remoción de los restos necróticos orgánicos, inorgánicos y los microorganismos hacia fuera del conducto radicular. Asimismo, la irrigación del conducto radicular juega un papel importante en la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares, y es una parte integral de los procedimientos de preparación del conducto (10).

No obstante, en la endodoncia regenerativa se requiere de una desinfección química mediante soluciones irrigantes. Sin embargo, la citotoxicidad y los efectos dañinos de estas soluciones en la dentina y el tejido apical son preocupantes, ya que pueden afectar la bioactividad de la dentina y comprometer la supervivencia, adherencia, proliferación y diferenciación de las células madre dentales. Por lo tanto, es importante considerar varios parámetros, como el tipo y la concentración de las soluciones irrigantes, para minimizar estos efectos negativos y asegurar la eficacia del tratamiento (11).

La aplicación de la endodoncia regenerativa es de frecuencia alta en países

desarrollados tal como lo demuestra la amplia literatura disponible; en Latinoamérica es menos utilizada como se evidencia en un trabajo de investigación destinado a conocer el nivel de conocimiento, percepción y la práctica clínica que tienen 100 profesionales pertenecientes a las Sociedades de Endodoncia de Chile sobre procedimientos de endodoncia regenerativa REPs, el mismo concluye que el porcentaje de encuestados que conoce REPs es bajo. La percepción sobre REPs es positiva pero la práctica de REPs en dientes necróticos es baja (12). A nivel nacional hay muy pocas publicaciones sobre el tema siendo acreditados a los postgrados de endodoncia de la Universidad Central de Venezuela y de la Universidad de Carabobo. En esta investigación se detallan las diversas soluciones irrigantes empleadas en la terapia endodóntica, sus propiedades específicas y su impacto en los procedimientos de endodoncia regenerativa. Además, se describe en detalle este proceso y los temas relacionados que lo abarcan. Dado que los profesionales utilizan soluciones irrigantes para limpiar los conductos según su criterio, pero no hay un conocimiento explícito sobre su efecto en la regeneración, especialmente en dientes inmaduros, es importante profundizar en estos temas para mejorar la práctica clínica.

1.2 Formulación del problema

De acuerdo con lo anteriormente expuesto y a las tendencias actuales en el área, es de relevancia responder la siguiente interrogante: ¿Cuál será la eficacia de las soluciones irrigantes en el procedimiento de endodoncia regenerativa? para dar respuesta a esta inquietud se procedió a realizar una revisión de literatura publicada en el periodo 2018 a 2023 relacionada con la temática.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Analizar la eficacia de las soluciones irrigantes para los procedimientos de endodoncia regenerativa.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades de las soluciones irrigantes usadas con frecuencia en los procedimientos de endodoncia regenerativa.
- Establecer las ventajas y desventajas reportadas en la literatura sobre el uso de las soluciones irrigantes en los procedimientos de endodoncia regenerativa.
- Analizar cuáles son las soluciones irrigantes idóneas para ser aplicadas en los procedimientos de endodoncia regenerativa, según la literatura publicada en los cinco años precedentes.

1.4 Justificación

El avance de la ciencia y la tecnología tiene enormes impactos positivos en el mundo actual. Ha contribuido enormemente a todos los aspectos de la vida, incluida la atención médica y dental. Los conceptos de tratamiento que antes se consideraban imaginativos hoy se consideran realizables, uno de esos logros es la terapia regenerativa, la cual promete numerosos beneficios dentales clínicos, incluidas estrategias biológicas para reparar los dientes y hacer que vuelvan a crecer los dientes

perdidos. Los conceptos actuales de regeneración de tejidos dentales pueden revolucionar la prestación de salud dental. Se están realizando investigaciones a gran escala en todo el mundo para explorar diferentes aspectos y la viabilidad de la terapia regenerativa (13).

La terapia regenerativa es el futuro de la odontología y los endodoncistas pueden estar a la vanguardia de este nuevo concepto. La endodoncia regenerativa brinda la esperanza de convertir el diente no vital en vital nuevamente pues se centra en sustituir la pulpa traumatizada y patológica por tejido pulpar funcional.

La información compartida en esta investigación tiene utilidad práctica ya que permite al profesional conocer de manera más específica sobre soluciones irrigantes, sus características y su influencia en la terapia de endodoncia regenerativa, permitiéndole así, considerar el tipo de solución irrigante a utilizar en estos procedimientos, llevando a cabo un tratamiento confiable, obteniendo así resultados exitosos.

Por otra parte, esta investigación fue factible en el campo académico, debido a que la información sobre protocolos de uso de irrigantes para la regeneración de tejidos en endodoncia es de utilidad para la enseñanza de la misma al ser una de las especialidades con mayor práctica en la Odontología, así pues, la información académica a la que se puede acceder es sustancial para los odontólogos y futuros profesionales a egresar de la universidad José Antonio Páez.

Si bien los beneficiarios directos son los profesionales odontólogos, así como estudiantes de esta área, que tendrán acceso a información útil para el ejercicio profesional, los pacientes serán los beneficiarios indirectos ya que contarán con una

atención de calidad, obteniendo resultados favorables en los tratamientos endodónticos a realizar; de allí se desprende la importancia social de esta investigación.

Finalmente, como importancia metodológica, los datos obtenidos el estudio son fuente de información para futuras investigaciones en el área de la regeneración endodóntica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

A continuación, se presentan los antecedentes del estudio planteado por orden decreciente, desde el más reciente hasta el más antiguo.

En primera instancia, el informe de caso presentado por Lenzi et al. (2022), describe el procedimiento y el resultado del tratamiento de endodoncia regenerativa (RET) en un diente con ápice radicular incompleto y periodontitis apical pos tratamiento. Fue un paciente de 44 años con un episodio reciente de absceso periapical agudo. Después del acceso coronal, se preparó suavemente el canal con limas manuales, utilizando NaOCl al 1% como irrigante principal, seguido de una irrigación final con EDTA al 17%, el conducto radicular se obturó con una pasta antibiótica doble con ciprofloxacino y metronidazol (1:1). Después de tres semanas, se realizó el tratamiento endodóntico regenerativo (RET) estimulando el sangrado en el canal, y cuando se formó un coágulo, se colocó sobre él un tapón biocerámico y una restauración coronal. El diente permaneció asintomático desde que se concluyó el RET. Los seguimientos clínicos y radiográficos mostraron reparación completa de la lesión de periodontitis apical y ausencia de síntomas después de ocho meses. Este resultado satisfactorio se confirmó después de 34 meses(14).

Seguidamente, Bosaid y cols. (2020), realizaron un estudio con el objetivo de evaluar los efectos del uso prolongado de diversas soluciones irrigantes utilizadas durante los procedimientos endodónticos regenerativos sobre la estructura física y química de la dentina del conducto radicular en dientes humanos extraídos. Concluyen que el uso de NaOCl al 1,5% durante 5 minutos disminuyó el contenido de colágeno de las muestras de dentina humana de los dientes extraídos, mientras que el EDTA y el ácido cítrico al 10% afectaron principalmente el contenido inorgánico y la microdureza de las superficies de la dentina. Ninguna de las soluciones irrigantes disminuyó significativamente las propiedades mecánicas de toda la muestra de dentina (15).

Abdel Hafiz y cols. (2019), realizaron una investigación con el objetivo de informar los resultados clínicos y radiográficos después de una sola visita para endodoncia regenerativa utilizando desinfección fotoactivada. Obtuvieron como conclusión que la endodoncia regenerativa que utiliza desinfección fotoactivada logró resultados exitosos en el diente permanente inmaduro necrótico (16).

Taweewattanapaisan y cols. (2019), evaluaron los efectos del EDTA al 17% sobre las características y la densidad de fibra de los coágulos sanguíneos utilizando bloques de dentina in vitro. Concluyeron que una disminución en la formación de coágulos se vio afectada por el irrigado con EDTA durante 1 y 5 minutos y que el lavado final con solución salina normal podría mejorar la formación de fibrina (17).

Chae y cols. (2018), en su objetivo de investigar la liberación de factores de crecimiento en el espacio del conducto radicular después de varios irrigantes finales durante procedimientos endodónticos regenerativos, concluyen que el diez por ciento de ácido cítrico fue eficaz como irrigante final para liberar TGF- β 1 con buena biocompatibilidad en endodoncia regenerativa (18).

Las investigaciones anteriormente presentadas se relacionan con este estudio por tratar el papel fundamental de las soluciones irrigadoras en la endodoncia regenerativa, donde destacan que el uso de hipoclorito de sodio y EDTA en estos procedimientos disminuye considerablemente ciertos componentes de importancia en la endodoncia regenerativa como lo es el colágeno y la fibrina. No obstante, destacan que el uso de ácido cítrico y la solución salina juegan un papel preponderante en el tratamiento de endodoncia regenerativa por tener diversas propiedades beneficiosas para la estructura dentaria. Asimismo, resaltan que la desinfección fotoactivada podría ser el tratamiento de irrigación y desinfección ideal cuando de endodoncia regenerativa se trata.

2.2 Bases Teóricas

Endodoncia

La Endodoncia es una especialidad de la odontología (reconocida como tal por la Asociación Dental Americana en 1963) que estudia la estructura, morfología y fisiología de las cavidades dentarias coronal y radicular que contienen a la pulpa dental y a su vez, trata la patología del complejo dentinopulpar y de la

región periapical siendo el objetivo de la endodoncia prevenir lesiones pulpares y periodontales y tratar las ya instaladas, proporcionando el sustrato dentario para devolver forma y función perdidas, a través de la rehabilitación oral (19).

Para esto, es necesario realizar una minuciosa limpieza mecánica y química de la cámara pulpar y del sistema completo de canales radiculares los cuales, ya preparados y desinfectados, deben obturarse completamente con un material de relleno inerte y biocompatible. Luego, el diente debe ser restaurado adecuadamente, para asegurar su sellado coronal e impedir la filtración bacteriana (19).

Endodoncia regenerativa

El término “endodoncia regenerativa” fue aprobado por la Asociación Americana de Endodoncia (AAE) en 2007. Términos como revascularización, revitalización y endodoncia regenerativa se pueden usar de manera intercambiable y sinónima. El término procedimientos de endodoncia regenerativa cita todos los procedimientos que están dirigidos a obtener una reparación organizada del tejido pulpar dañado e incluyen enfoques de tratamientos futuros aún por desarrollar en endodoncia regenerativa (20).

La endodoncia regenerativa tiene un enfoque que implica poca instrumentación y el uso abundante de soluciones irrigantes. Estos irrigantes tienen propiedades efectivas comprobadas, como antimicrobianos y disolventes de tejidos (21), y en casos de necrosis pulpar en dientes permanentes con rizogénesis incompleta, como resultado

de traumatismo o lesión cariosa extensa, se interrumpe el proceso de desarrollo radicular en espesor y longitud. Debido a esto, los dientes quedan con ápices abiertos, canales anchos y paredes de dentina delgadas y frágiles, dificultando los procedimientos de limpieza y desinfección del canal (22). En estas condiciones, debido a la fragilidad de las paredes del conducto radicular, se omite la instrumentación mecánica, permitiendo mantener intacta la biopelícula bacteriana adherida a las paredes del conducto, dificultando la acción de irrigantes y medicamentos intracanal (23)

Otro paso que resulta difícil en estos casos es el llenado, al no haber presencia de un tope apical. En un intento de minimizar esta dificultad y promover el sellado apical, se introdujo en la endodoncia la técnica de apexificación con hidróxido de calcio $[Ca(OH)_2]$ o Agregado de Trióxido Mineral (MTA). El objetivo era estimular el cierre apical, mediante el depósito de tejido duro o mediante la creación de un tapón apical artificial, creando así una barrera que permitiera completar el tratamiento endodóntico. Sin embargo, aunque estos procedimientos tradicionales permiten el tratamiento de dientes jóvenes con pulpa necrótica, se observan algunas desventajas, ya que la apexificación no promueve el desarrollo radicular ni mejora cualitativamente las dimensiones de las paredes dentinarias radiculares. Así, estos permanecen delgados y debilitados, demostrando una alta tasa de fractura radicular y posterior riesgo de pérdida dentaria (24).

Ante esto, tratamientos alternativos de base biológica, junto con el descubrimiento de células madre mesenquimales multipotentes presentes en la

pulpa dental y la papila apical, han puesto de relieve la posibilidad de regeneración del complejo dentina-pulpa dañado, mediante procedimientos de endodoncia regenerativa (REP). Actualmente, los REP se presentan como una alternativa de tratamiento prometedora, que permite restaurar la vitalidad de la pulpa dental y sus funciones, a través de la revascularización intracanal, estimulando la reparación y regeneración de los tejidos dañados por la patología. Sin embargo, para que haya una regeneración fisiológica de las estructuras radicales y de las células del complejo dentinopulpar, es fundamental la desinfección del espacio del conducto radicular, mediante la erradicación de biopelículas y endotoxinas de las paredes dentinarias y de la luz del conducto radicular (25). La presencia de infección en el microambiente intracanal impide la proliferación y diferenciación de las células madre, comprometiendo así el éxito de la terapia conservadora.

Desinfección de conductos radicales

Los protocolos de desinfección presentan enfoques diferentes a los procedimientos convencionales al realizar un tratamiento de endodoncia regenerativo. Con el objetivo de obtener un microambiente adecuado, propicio para la proliferación y diferenciación de las células madre, se utilizan técnicas de irrigación y medicación intracanal, con mínima o ninguna instrumentación mecánica en las paredes dentinarias del conducto radicular (26).

La Asociación Americana de Endodoncistas (AAE) recomienda algunos procedimientos clínicos durante los REP, mediante el uso de soluciones

irrigantes y auxiliares, como el hipoclorito de sodio (NaOCl) al 1,5% y el Ácido Etilendiaminotetraacético – EDTA, del 17%, respectivamente. Posteriormente, se indican medicamentos intracanal para erradicar la posible contaminación persistente en las paredes dentinarias y túbulos dentinarios (14). La pasta de Ca(OH)₂ y la pasta triantibiótica (TAP), compuestas por ciprofloxacino, metronidazol y minociclina; o pasta doble antibiótica (DAP), compuesta por ciprofloxacino y metronidazol (3, 27).

Actualmente, la evidencia científica apunta a la existencia de varios protocolos de desinfección del sistema de conductos radiculares, con variaciones en el tipo de agente desinfectante utilizado y su concentración. Reportes indican, por ejemplo, el uso de NaOCl, CHX y DAP/TAP, en concentraciones que varían, respectivamente, del 1 al 6%, del 0,12% al 2% y del 0,1 a 1.000 mg/ml. Por lo tanto, se observa que no existe un protocolo universal demostrado ser eficiente en endodoncia regenerativa, capaz de erradicar contaminantes provenientes de la necrosis e infección pulpar (28).

Agentes de irrigación endodóntica

El desbridamiento químico realizado mediante soluciones irrigantes es fundamental para un pronóstico favorable en endodoncia regenerativa. Los agentes desinfectantes utilizados deben tener la capacidad de eliminar biofilm y endotoxinas presentes en la dentina radicular. Además, deben ser capaces de disolver el contenido tóxico, séptico, necrótico y tener una penetrabilidad adecuada en los túbulos dentinarios y recesos del sistema de canales, con el fin

de promover la proliferación, diferenciación y fijación de las células madre en el ambiente intracanal (29).

Entre las soluciones irrigantes más destacadas se encuentran el NaOCl, en sus distintas concentraciones, y el Digluconato de Clorhexidina (CHX) al 0,12%44 y al 2%. En el 97% de los estudios en los que se realizaron REP, la solución desinfectante utilizada fue NaOCl, debido a su poderosa acción para disolver residuos orgánicos y adecuado efecto antimicrobiano. A diferencia de las guías de la AAE, muchos estudios clínicos utilizaron altas concentraciones de NaOCl, que oscilaban entre el 2,5 y el 6%, con el objetivo de obtener desinfección efectiva en el espacio del conducto radicular, eliminando la biopelícula presente en las paredes dentinarias del microambiente. Sin embargo, estas soluciones pueden ser perjudiciales para los tejidos periapicales, especialmente cuando se produce extravasación apical del agente químico, disminuyendo significativamente la capacidad de supervivencia y diferenciación de las células madre de la papila apical (StemCells of the Apical Papilla – SCAP). A su vez, concentraciones más bajas de NaOCl, como 1,5%, son recomendadas y utilizadas en varios estudios, ya que demuestran menores efectos destructivos sobre SCAP, aunque con efectividad limitada sobre las biopelículas microbianas (30).

La solución CHX consiste en un potente agente desinfectante y normalmente se utiliza como único irrigante. Sin embargo, su uso combinado con NaOCl o asociado a medicación intracanal aumenta el potencial antimicrobiano de la terapia. Estudios in vitro han demostrado que exponer la dentina a protocolos

de irrigación con CHX al 2% puede tener un impacto negativo en la supervivencia y fijación de las SCAP y las células madre de la pulpa dental (Dental PulpStemCells – DPSC). A pesar de esto, CHX tuvo un efecto citotóxico menor en comparación con EDTA y NaOCl^{16,53} (30).

Otra sustancia muy utilizada durante la etapa de irrigación del canal en endodoncia regenerativa, como coadyuvante del NaOCl, es el EDTA, que cumple la función de descalcificar la dentina, mediante la interacción con iones de calcio. Este agente quelante tiene una actividad antimicrobiana débil, pero promueve la eliminación de la porción inorgánica de la capa de barrillo, que el NaOCl no puede disolver^{16,53}. Además, el EDTA acondiciona las paredes dentinarias del conducto radicular, permitiendo la liberación de factores de crecimiento y posibilitando la supervivencia, fijación y diferenciación de SCAPs, además de revertir parcialmente los efectos deletéreos del NaOCl. Al igual que el EDTA, el ácido cítrico también se considera una solución coadyuvante quelante, actuando sobre el microambiente radicular y favoreciendo la eliminación de restos inorgánicos y la descalcificación de la dentina radicular. En combinación con NaOCl al 1,5%, esta sustancia química mostró un potente efecto antibacteriano (31).

2.3 Bases legales

El trabajo presente está sustentado en el marco legal correspondiente a las leyes que se destacan:

En primera instancia, la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (32), en su artículo 83, sugiere que la salud es un derecho social de suma importancia y obligación del estado, que asegura como parte del derecho a la vida. Por esto es fundamental en el presente trabajo de investigación debido a que es deber asegurar la salud como parte del derecho a la vida por lo cual el estado fomentará y desarrollará políticas orientadas a mejorar la calidad de vida y el bienestar de los ciudadanos.

En segunda instancia, se hace énfasis en el Código de Deontología Odontológica (33), que establece en su Artículo 1: El respeto a la vida y a la integridad de la persona humana, el fomento y la preservación de la salud, como componentes del desarrollo y bienestar social y su proyección efectiva a la comunidad, constituyen en todas las circunstancias el deber primordial del Odontólogo. Y en su Artículo 2: El Profesional de la Odontología está en la obligación de mantenerse informado y actualizado en los avances del conocimiento científico. La actitud contraria no es ética, ya que limita en alto grado su capacidad para suministrar la atención en salud integral requerido.

En tercera instancia, también es de carácter relevante, regir la presente investigación bajo la Ley del Derecho de Autor (34), que en su Artículo 120 establece que será penado con prisión de uno a cuatro años, todo aquel que con intención y sin derecho reproduzca, en forma original o elaborada, íntegra o parcialmente, obras del ingenio, ediciones de obras ajenas o de textos, trabajos científicos que son protegidos por esta Ley. Dado que el estudio es documental, en todos los textos citados los autores tienen un número

referencial en la bibliografía descrita al final, para dar crédito de su propiedad intelectual.

2.4 Definición de Términos Básicos

Apexificación: método para inducir una barrera calcificada en una raíz con un ápice abierto o un continuo desarrollo apical de dientes con raíces incompletas que presentan una pulpa necrótica (35).

Células madre: células capaces de dividirse continuamente y producir células progenitoras con capacidad de dar lugar a células especializadas. Esta capacidad de diferenciación se conoce con el nombre de plasticidad (36).

Conductimetría: Determinar la longitud de trabajo, (que es la longitud a la que deben llegar los instrumentos a la hora de trabajar los conductos radiculares), localizar y permeabilizar los conductos (37).

Conometría: Indica hasta dónde llega el relleno en el ápice del conducto radicular (37).

EDTA: El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) es una sustancia con capacidad de actuar como agente quelante de iones metálicos, es muy eficaz para desmineralizar fácilmente dentina, quedando desprovista de iones calcio, determinándose una mayor facilidad para su desintegración. La reacción de quelación que lleva a cabo el EDTA sobre iones metálicos que forman parte de moléculas con actividad biológica, conlleva la inactivación de dichas sustancias y la inhibición de su actividad biológica. (38).

Hipoclorito de sodio: Es un irrigante efectivo y ampliamente utilizado en la terapia endodóntica; por sus propiedades bactericidas y solventes de materia orgánica, es la solución de elección en dientes no vitales (39).

Irrigantes: elementos coadyudantes en la debridación del sistema de conductos radiculares (37).

Obturación: Es el relleno compacto y permanente del espacio vacío dejado por la pulpa cameral y radicular al ser extirpada y del propio espacio creado por el profesional durante la preparación de los conductos (37).

Pulpa cameral: Es la parte de la estructura pulpar que se encuentra en la corona del diente, es decir, la parte del diente visible en boca (37).

Pulpa radicular: Es la pulpa que se encuentra en el interior de las raíces (37).

Regeneración: Campo interdisciplinario que aplica los principios de las células madre, la ingeniería de tejidos y los factores de crecimiento para mejorar o reemplazar las funciones biológicas de todos los tejidos u órganos del cuerpo (36).

Solución salina: Conocida también como solución fisiológica es una composición líquida formada por agua y sal en la misma proporción en que se encuentran en los fluidos del organismo (37).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo, nivel y diseño de la Investigación

La presente investigación inmersa en la línea de investigación Odontología Clínica y Correctiva fue de tipo documental ya que buscó profundizar los conocimientos acerca de la eficacia de las soluciones irrigantes en los procedimientos de endodoncia regenerativa. Se abordó bajo un nivel descriptivo, desarrollando y tomando en cuenta sus características, ventajas y desventajas, así como la solución irrigante más adecuada para este tratamiento. Asimismo, se siguió el diseño de revisiones narrativas del estado del conocimiento, de esta manera se realizó la recopilación, organización y evaluación de estudios relacionados con las soluciones irrigantes y su efectividad en la endodoncia regenerativa (40,41).

3.2 Métodos y/o Técnicas de Búsqueda de Información

En función de la realización de la presente investigación, se llevó a cabo una búsqueda de información a través de las palabras clave tanto en inglés como en español: “Soluciones Irrigantes”, “Endodoncia Regenerativa”, “Irrigación, Limpieza y Desinfección de conductos”, “IrrigatingSolutions”, “RegenerativeEndodontics”, “Irrigation, DuctCleaning and Disinfection”, realizándose a través de plataformas como Google y su extensión Google

Académico y a su vez se indagó en bases de datos como Pub-Med, SciELO, ReserchGate, Medline, entre otras, con la finalidad de hacer un seguimiento, localización y adquisición de artículos científicos originales publicados en revistas periódicas especializadas en el área de odontología.

Por consiguiente, en una primera búsqueda, lo obtenido por medio del uso de las palabras clave fueron 728 resultados, pero debido a que muchas no presentan en su totalidad la información o los datos que se necesitan, se procede a aplicar criterios de selección donde excluyeron aquellos que se encuentran repetidos (131 artículos), artículos referidos a tesis de tercer nivel (429) y artículos incompletos (139), resultando 29 artículos para su revisión que corresponden a la muestra de la investigación. De acuerdo a ello, los criterios de selección fueron los siguientes:

Criterios de Inclusión: Se incluyeron artículos científicos especializados, indexados y arbitrados en revistas y en las bases de datos más conocidas del área de odontología, trabajos inéditos, tesis de postgrado y de investigación primaria (de campo y estudio de casos) así como revisiones de literatura, que fueron publicados entre los años 2018-2023, que se encuentren en los idiomas español e inglés y que tengan que ver o estén relacionados con la pregunta de investigación y los objetivos propuestos.

Criterios de Exclusión: Se excluyeron publicaciones incompletas, repetidas, resúmenes de congresos, trabajos de grado de tercer nivel, estudios de endodoncia regenerativa que no estuvieron relacionados con la pregunta de la

investigación y los objetivos propuestos, también artículos que estaban en otro idioma que no sea en español e inglés y todos aquellos artículos y trabajos que fueron publicados antes del año 2018.

Se siguieron las pautas de PRISMA para las revisiones (42), tal como se muestra en el gráfico siguiente:

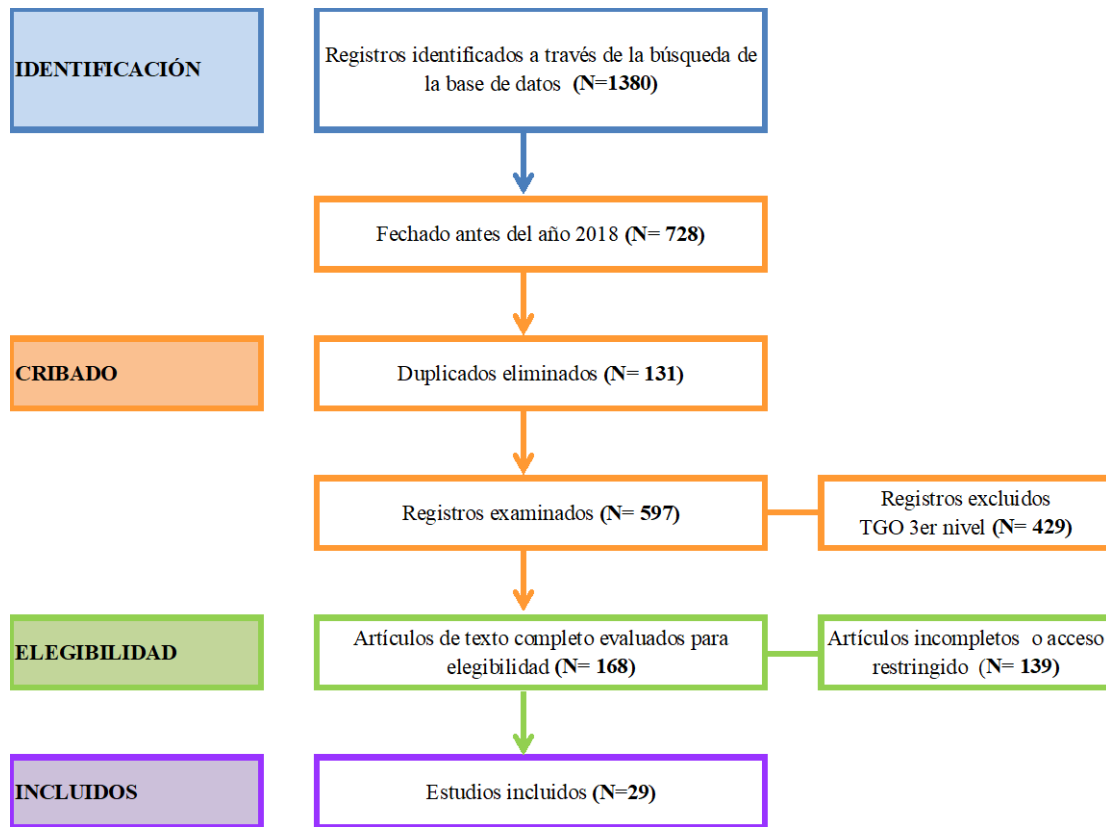


Figura 1. Proceso de selección PRISMA, informes escogidos. Elementos para revisiones sistemáticas.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En esta investigación se hizo uso de la técnica de observación, donde se realizó una revisión de documentos electrónicos en las bases de datos previamente citadas, siendo

fuentes primarias de información los artículos de revistas científicas publicadas en formato PDF o HTML.

Para organizar la información se utilizó como instrumento la ficha bibliográfica, en donde se registraron los autores y resultados más relevantes en cuanto a las soluciones irrigantes y su efecto en la endodoncia regenerativa.

3.4 Análisis e Interpretación de la información

Los datos obtenidos en el instrumento de recolección se clasificaron para su procesamiento de análisis con base a los indicadores:

- características de las principales soluciones irrigantes usadas en ER
- ventajas y desventajas de las soluciones irrigantes en ER
- soluciones irrigantes idóneas en ER

La información se analizó de manera crítica para finalmente lograr las conclusiones y recomendaciones del estudio.

CAPÍTULO IV

SÍNTESIS Y ANÁLISIS

La literatura relevante escogida por tratar sobre la eficacia de las soluciones irrigantes en los procedimientos de endodoncia regenerativa, incluyó diez revisiones de literatura, nueve reportes de casos clínicos y diez correspondieron a estudios de campo (in vitro, experimentales y cuasi experimentales) publicados entre los años 2019 y 2023.

La regeneración endodóntica es actualmente el tratamiento de elección para manejar dientes permanentes inmaduros con pulpas necróticas. Se han propuesto numerosos estudios in vitro e in vivo para optimizar el procedimiento de desinfección durante la regeneración endodóntica por lo que se procedió a analizar la literatura encontrada sobre las soluciones irrigantes y su eficacia en los procedimientos de endodoncia regenerativa.

4.1 Propiedades de las soluciones irrigantes usadas en los procedimientos de endodoncia regenerativa.

En el cuadro N° 1, se presentan los estudios que abordaron las diferentes propiedades de los irrigantes utilizados actualmente en los procedimientos de endodoncia regenerativa.

Cuadro N° 1. Propiedades de las soluciones irrigantes usadas en los procedimientos de endodoncia regenerativa.

ID	Referencia	Título	Diseño	Hallazgos relevantes
43	Reyes-Carmona Jessie. (2023).	Irrigation protocols effects on radicular dentin: Cleaning, disinfection and remaining ultrastructure.	Documental	<p>En el tratamiento endodóntico se encuentran la desinfección y obturación del conducto radicular, como primordiales para la reducción microbiana.</p> <p>El NaOCl es antibacteriano, disuelve el tejido orgánico y elimina la biopelícula debido al ácido hipocloroso que afecta las funciones vitales de las células microbianas, lo que resulta en necrosis celular.</p>
44	Alexandre H. dos Reis. et al. (2022).	Influence of ethylenediaminetetraacetic acid on regenerative endodontics: A systematic review.	Documental	<p>Liberación significativa de factor de crecimiento transformante (TGF)-β después del acondicionamiento de la dentina con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)</p> <p>La dentina tratada con EDTA muestra mayor migración, adhesión y diferenciación celular, respectivamente.</p> <p>El uso complementario de EDTA luego de irrigar con NaOCl ayuda a reducir la cantidad de endotoxinas del conducto radicular contaminado favoreciendo la regeneración endodóntica.</p>
45	Pinheiro ET, Karygianni L, Attin T, Thurnheer T. (2021).	Antibacterial Effect of Sodium Hypochlorite and EDTA in Combination with High-Purity Nisin on an Endodontic-like Biofilm Model	De campo: Estudio in vitro	<p>NaOCl tiene actividad antimicrobiana y capacidad para disolver la pulpa necrótica. Las propiedades del NaOCl dependen de la concentración y el tiempo, pero también lo hace su toxicidad para los tejidos apicales.</p> <p>El EDTA es un quelante de cationes capaz de desestabilizar la membrana externa de las bacterias Gram-negativas, lo que puede mejorar la actividad de otros antimicrobianos</p>

46	Matoug-Elwerfelli M, Nazzal H, Duggal M, El-Gendy R. (2021).	What the future holds for regenerative endodontics: novel antimicrobials and regenerative strategies. EurCell Mater.	Documental	<p>Uso combinado del EDTA luego de irrigar con NaOCl reduce la cantidad de endotoxinas del conducto radicular contaminado favoreciendo la regeneración endodóntica.</p> <p>La Clorhexidina (CHX) agente desinfectante utilizados en RET Con un rango de dilución de 0,12% a 2% sustantividad antimicrobiana e intracanal (efecto residual). El uso de 2 % CHX causa citotoxicidad directa sobre supervivencia de células madre, con efecto dependiente de la concentración.</p> <p>El quitosano agente con potencial regenerativo propuesto, vinculado a sus propiedades biológicas únicas de biocompatibilidad, excelente bioadhesivo y propiedades antimicrobianas de amplio espectro.</p> <p>El ácido ascórbico antimicrobiano bacteriostático y bactericida, antiinflamatorio, facilidad de uso, antioxidante y reparación de tejidos.</p>
47	Wong J, Manoil D, Näsman P, Belibasakis G, Neelakantan P. (2021).	Microbiological aspects of root canal infections and disinfection strategies: an update review on the current knowledge and challenges.	Documental	<p>El hipoclorito de sodio es el irrigante más utilizado en endodoncia debido a sus propiedades antimicrobianas y de disolución de tejidos.</p> <p>Altas concentraciones de NaOCl, como del 5 o 9%, pueden provocar la desintegración de la matriz orgánica de la dentina. Tales concentraciones pueden ser muy cáusticas para los tejidos apicales, si se extruyen.</p> <p>Se ha recomendado la clorhexidina (CHX) como irrigante del enjuague final debido a su actividad antimicrobiana de amplio espectro, sustantividad y su capacidad para inhibir la degradación del colágeno</p>

48	Alfadda S, Alquria T, Karaismailoglu E, Aksel H, Azim AA. (2021)	Antibacterial Effect and Bioactivity of Innovative and Currently Used Intracanal Medicaments in Regenerative Endodontics.	De campo: Cuasi experimental	<p>El tiosulfato de sodio y el Ácido Ascórbico se utilizan como soluciones neutralizantes contra agentes antimicrobianos con cloro para reducir su efecto tóxico indirecto sobre las células madre.</p> <p>La medicación Hipoclorito de calcio ($\text{Ca}[\text{OCl}]_2$) mejoró la desinfección del conducto radicular contra la biopelícula de <i>E. faecalis</i>. $\text{Ca}(\text{OCl})_2$</p> <p>Su efectividad contra <i>E. faecalis</i>, es similar al hipoclorito de sodio.</p> <p>Los efectos adversos causados por $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ sobre la viabilidad celular y la actividad de mineralización se puede neutralizar con un 10% de ácido ascórbico.</p>
49	Polyák M, Komora P, Szabó EV, Lohinai ZM, Vág J. (2023)	Application of Hyperpure Chlorine Dioxide for Regenerative Endodontic Treatment of a Root- Canal Treated Immature Tooth with External Cervical Resorption and Periapical Lesion: A Case Report.	Estudio de casos	<p>Dióxido de cloro ClO_2 hiperpuro (SolumiumPental) bactericida de baja toxicidad y excelentes propiedades antimicrobiana.</p> <p>ClO_2 hiperpuro no tiene un efecto inhibitorio significativo sobre la viabilidad de las células del ligamento periodontal a la concentración tóxica para los microbios.</p>
50	Loiacono R, et al. (2020).	Comparación de la Efectividad Antimicrobiana entre Hipoclorito de Sodio 2.5% y Ácido Hipocloroso 5% frente a Enterococcus Faecalis: Prueba In Vitro.	De campo: Cuasi experimental	<p>El NaOCl tiene capacidad bactericida sobre muchos de los microorganismos de la flora endodóntica.</p> <p>El <i>Enterococcus faecalis</i> es una bacteria altamente resistente a antibacterianos, que sobrevive en condiciones extremas.</p> <p>El ácido hipocloroso (HOCl) es una molécula derivada del NaOCl, que ha demostrado tener alto poder bactericida sobre cepas patogénicas orales.</p>

52	Pace R, et al. (2021).	Regenerative Endodontic Therapy using a New Antibacterial Root Canal Cleanser in necrotic immature permanent teeth: Report of two cases treated in a single appointment.	Estudio de casos	Baja concentración de NaOCl 1,5% y el uso posterior de EDTA al 17% tienen un mínimo efecto sobre la supervivencia de las células madre. Hybenx es un enjuague adyuvante para los sistemas de conductos radiculares que actúa eliminando el dolor, la infección y la inflamación.
15	Bosaid F, Aksel H, Makowka S, Azim AA. (2020).	Surface and structural changes in root dentine by various chelating solutions used in regenerative endodontics	De campo: Cuasi experimental	NaOCl al 1,5%, El EDTA y el ácido cítrico al 10% tienen propiedad regenerativa sobre la estructura física y química de la dentina del conducto radicular.
53	Alshwali H, Iohara K, Taroush M, Huang G, Nakashima M, Azim A. (2020).	Nanobubble-Enhanced Antimicrobial Agents: A Promising approach For Regenerative Endodontics.	De campo: Cuasi experimental	El agua de nanoburbujas (NB) fue más eficaz para eliminar la capa de barrillo dentinario que el EDTA al 17% Podría permitir infiltración de medicamentos en el túbulo dentinario más de 1 mm sin cambiar la microdureza de la dentina. El agua NB mejora la capacidad de desinfección tubular del NaOCl al 1,5% hasta 50 µm de profundidad.
54	Marín M, Gómez B, Cano A, Cruz S, Castañeda D, Castillo E. (2019)	Hipoclorito de sodio como irrigante de conductos. Caso clínico, y revisión de literatura.	Estudios de caso y documental	El hipoclorito de sodio es antimicrobiano, antimicótico y antiviral, mejores propiedades antimicrobianas, disolución de tejidos y remoción de detritos en la porción más apical del conducto radicular. Una concentración mayor de 0,5% tiene capacidad citotóxica. La clorhexidina es ampliamente bactericida a altas concentraciones y bacteriostático a bajas concentraciones. Como medicamento intraconducto puede evitar la sobreinfección por tiempo prolongado. A diferencia del hipoclorito no disuelve el tejido orgánico.

Fuente: Gómez y Rodríguez (2023)

La principal causa de infección pulpar y periapical es la presencia de bacterias y sus subproductos dentro de la pulpa y la cavidad radicular. La Asociación Americana de Endodoncia describe que el objetivo principal del tratamiento endodóntico es prevenir e interceptar la patología pulpar/perirradicular y preservar la dentición natural cuando se ve afectada por la patología (3). El tratamiento de endodoncia implica la preparación quimiomecánica del sistema de conductos radiculares para eliminar productos orgánicos, inorgánicos y bacterianos, además del sellado del espacio radicular con un material biocompatible. La esterilización del sistema de conductos radiculares es prácticamente imposible de lograr, incluso con los instrumentos, las soluciones de irrigación y la combinación de diferentes técnicas de irrigación actuales. Por tanto, lo que se busca en la terapia endodóntica es la reducción de la carga bacteriana a niveles compatibles con la cicatrización del tejido perirradicular (43).

La terapia pulpar regenerativa (REP) se ha propuesto como procedimiento alternativo más favorable para los dientes permanentes inmaduros con necrosis pulpar, promoviendo el desarrollo radicular y el cierre apical (17). Este proceso se basa en el concepto de supervivencia de las células madre, que pueden permanecer viables en la zona periapical, incluso en caso de existir necrosis pulpar (4), por lo que la infección intrarradicular debe controlarse para que posiblemente ocurra la regeneración del tejido pulpar en RET (44).

El NaOCl es la solución irrigante más utilizada durante los tratamientos endodónticos después del EDTA, probablemente debido a su potencial de

disolvente orgánico y efectividad antimicrobiana. Desde hace muchos años se considera como el estándar de oro entre los irrigantes endodónticos ya que es una solución económica, eficaz, de fácil adquisición, un excelente agente antimicrobiano que arroja grandes resultados en la disolución de tejido orgánico, estando en conocimiento que es tóxico si se extruye en los tejidos perirradiculares de los órganos dentales, lo cual puede causar algunas molestias posoperatorias, necrosis en los tejidos de soporte dental y edema en la zona tratada. Tiene un pH alcalino entre 10.7 y 12.2, es excelente lubricante y blanqueador, posee una tensión superficial baja, posee una vida media de almacenamiento prolongada y es poco costoso (15,43,44,45,46).

Desde una perspectiva biológica, se ha demostrado que NaOCl al 6 % muestra la mayor reducción en la supervivencia de las células madre, esto resultó en la recomendación de utilizar un nivel bajo de concentración de NaOCl al 1,5 %, aunque otros estudios han demostrando que una concentración mayor de 0,5% tiene capacidad citotóxica (8,15,46).

Por otra parte, el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), un agente quelante, soluble en agua para usos diversos, se recomienda como parte de los protocolos de irrigación endodónticos, siendo un irrigante con mayor efecto antimicrobiano desde las primeras horas (46). Su acción principal es eliminar la capa de frotis (barrillo dentinario) y en concentración de 17%, podría permitir infiltración de medicamentos en el túbulo dentinario más de 1 mm sin cambiar la micro dureza de la dentina (47).

El uso complementario de EDTA luego de irrigar con NaOCl ayuda a reducir la cantidad de endotoxinas del conducto radicular contaminado favoreciendo la regeneración endodóntica (5,15,45,47,48,49,50,51).

Una sustancia irrigante que es ampliamente bactericida a altas concentraciones y bacteriostático a bajas concentraciones es la **clorhexidina**, uno de los agentes desinfectantes endodónticos más conocidos, utilizados en RET y clínicamente; como irrigante de conductos se usa en concentraciones desde 0.12% a 2%. A bajas concentraciones se demora más para actuar; como medicamento intraconducto puede evitar la sobreinfección por tiempo prolongado (48). El uso de 2 % CHX causa citotoxicidad directa sobre supervivencia de células madre, con efecto de dependiente de la concentración y se cuestiona el efecto sobre la alteración de la biopelícula porque a diferencia del hipoclorito no disuelve el tejido orgánico (46,47).

Los investigadores continúan en la búsqueda de irrigantes idóneos para los procedimientos de regeneración en endodoncia. Recientemente, un nuevo desinfectante, el **dióxido de cloro (ClO) hiperpuro₂**, fue producido y utilizado en endodoncia, con una nueva tecnología de membrana que no contiene productos químicos adicionales como ácidos. El ClO hiperpuro₂ no tiene un efecto inhibitorio significativo sobre la viabilidad de las células madre del ligamento periodontal a la concentración tóxica para los microbios, debido a su propiedad selectiva de tamaño, por lo tanto, podría ser un excelente candidato para desinfectar el canal antes de la revascularización (49).

El **quitosano** es otro agente con potencial regenerativo propuesto, vinculado a sus propiedades biológicas únicas de biocompatibilidad, excelente bioadhesivo y propiedades antimicrobianas de amplio espectro. Recientemente, el quitosano ha sido explorado como un agente antimicrobiano para desinfectar el sistema de conductos radiculares (46).

Las ventajas para aplicaciones clínicas extendidas incluyen abundancia en la naturaleza, facilidad de modificación, no tóxico y bajo costo de producción. Sin embargo, a pesar de la probada eficacia del quitosano, biocompatibilidad y no citotoxicidad, su potencial regenerativo en odontología permanece controversial. Trabajo preliminar in vitro ha demostrado estimulación de la formación de tejido pulpar dental, en términos de la viabilidad y el depósito de células madre mesenquimales de matriz de colágeno similar a la pulpa dental después del uso de un nuevo hidrogel de fibrina enriquecido con quitosano (46,47). Por el contrario, la aplicación clínica de andamios de quitosano en dientes de perro inmaduros con periodontitis apical, no produjo evidencia histológica de regeneración del tejido pulpar-dentinario ni de nuevo tejido mineralizado formado. El proceso de degradación del quitosano bajo condiciones inflamatorias requiere una evaluación cuidadosa antes de aplicación clínica (46).

El **ácido ascórbico** tiene propiedades antimicrobianas contra varias bacterias y virus, que van desde bacteriostático a bactericida, las cuales que aumentan con el tiempo, también tiene una potente propiedad antiinflamatoria, por lo tanto, influye en el mecanismo de defensa del huésped hacia la reparación de los

tejidos durante la infección. La posible influencia del ácido ascórbico en la formación de la matriz de colágeno de la dentina es de particular interés para investigadores en regeneración del complejo pulpo-dentinario, pues se ha sugerido como novedoso su papel potencial en la promoción de regeneración de la pulpa dental. Su costo relativamente asequible, facilidad de uso, propiedades antioxidante y de reparación de tejidos lo convierten en un excelente elemento de investigación en endodoncia regenerativa (46,48).

En ese orden de ideas, estudios demuestran que la medicación **Hipoclorito de calcio** ($\text{Ca}[\text{OCl}]_2$) mejora la desinfección del conducto radicular contra la biopelícula de *E. faecalis* y puede ser un agente antimicrobiano prometedor. Los efectos adversos causados por $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ sobre la viabilidad celular y la actividad de mineralización se puede neutralizar con un 10% de ácido ascórbico, permitiendo mejor viabilidad, unión y actividad celular (48).

El **tiosulfato de sodio** es otro agente soluble en agua que ha sido utilizado como agente neuroprotector y antifúngico en medicina y generalmente se usa para neutralizar el efecto del NaOCl en estudios de desinfección. El tiosulfato de sodio y el ácido ascórbico pueden potencialmente ser utilizadas como soluciones neutralizantes contra agentes antimicrobianos que contienen cloro para reducir su efecto tóxico indirecto sobre las células madre (48).

Hybenx es un enjuague desecante adyuvante para los sistemas de conductos radiculares que actúa eliminando el dolor, la infección y la inflamación. Contiene compuestos fenólicos sulfonados y ácido sulfúrico en solución acuosa, utilizando las características higroscópicas del azufre presente en su

composición para absorber rápida y eficazmente el agua contenida en el biofilm conduciendo a su desprendimiento y destrucción. El uso de agentes desecantes puede mejorar las acciones antimicrobianas de las soluciones irrigantes durante la descontaminación química del espacio del conducto radicular. Esto puede ser muy importante porque la biopelícula bacteriana en dientes necróticos inmaduros es diferente a la de dientes maduros, según un estudio reciente donde informaron de una biopelícula bacteriana resistente a los antibióticos en dientes inmaduros y que estos dientes son más susceptibles a la repoblación bacteriana que los dientes maduros (52).

Alternativas a los protocolos de riego convencionales utilizando nanomateriales para mejorar la potencia y disminuir los efectos nocivos, ha sido un gran avance en casi todos los campos de la ciencia y la medicina, teniendo especial importancia en lo que respecta a la desinfección endodóntica. En particular, el agua de nanoburbujas (NB) se ha introducido recientemente como un agente antimicrobiano prometedor que podría usarse en muchos campos médicos, dentales y farmacéuticos. Alshwali et al., presentaron el primer informe que aplica y prueba tecnologías de agua NB para desinfección en endodoncia, especialmente en el contexto de mejorar la penetración y la eficiencia de la desinfección de medicamentos e irrigantes intracanal utilizados en el tratamiento de endodoncia regenerativa. Se consiguió que NB resultó ser más eficaz y superior al EDTA al 17 % sin afectar los niveles de microdureza, observándose además que la potencia de del agua NB para mejorar la

penetración de antibiótico en los túbulos dentinarios fue de más de 1 mm de profundidad (53).

Esto significa que el agua NB tiene el potencial de mejorar la entrega de medicamentos a los túbulos dentinarios y se evidencia por una mayor destrucción bacteriana de NaOCl diluido en agua NB, además, NB puede aumentar la humectabilidad y disminuir la tensión superficial del líquido, por estas propiedades y la eliminación completa de la capa de barrillo sin desmineralización ni daño a la estructura del diente se puede explicar la mejora de la desinfección, indicando que las tecnologías NB pueden ser una adición útil al campo de la endodoncia regenerativa (53).

El ácido hipocloroso (**HOCl**) es un componente bactericida inorgánico importante de la inmunidad innata, y es efectivo contra una amplia gama de microorganismos. El HOCl es el principal oxidante producido por los neutrófilos, y es un potente agente microbicida dentro de estas células. La actividad bactericida es significativa debido a su capacidad para penetrar en las membranas celulares bacterianas, resultando en la degradación de las proteínas (50). Ha demostrado ser biocompatible y tener un efecto antimicrobiano contra un amplio espectro de microorganismos. Específicamente en el área de endodoncia, se ha propuesto como irrigante del conducto radicular y han sido evaluados algunos aspectos como su capacidad de disolución de tejido, remoción de smear layer, su efecto sobre la dentina y capacidad antimicrobiana (13,15,50).

Aunque son muchos los estudios y avances en sustancias irrigantes para tratamientos de endodoncia reparativa, el hipoclorito de sodio es usado como primera elección en los tratamientos de conductos radiculares, por sus propiedades antimicrobiana, antimicótica y antiviral, incluyendo el virus de la inmunodeficiencia humana y posee una acción residual que se puede extender hasta 72 horas (54).

4.2 Ventajas y desventajas de las soluciones irrigantes en los procedimientos de endodoncia regenerativa.

En los tratamientos de ER debido a la instrumentación mecánica limitada o nula, la eliminación microbiana depende principalmente de los antibióticos y agentes para una desinfección suficiente del canal radicular. En el cuadro N° 2 se muestran las publicaciones encontradas referentes a este indicador de investigación.

Cuadro N° 2. Ventajas y desventajas de las soluciones irrigantes en los procedimientos de endodoncia regenerativa.

ID	Referencia	Título	Diseño	Hallazgos relevantes
56	Cai C, Chen X, Li Y, Jiang Q. (2023)	Advances in the Role of Sodium Hypochlorite Irrigant in Chemical Preparation of Root Canal Treatment.	Documental	<p>El NaOCl agente oxidante fuerte, es citotóxico</p> <p>El efecto citotóxico sobre las células madre dentales depende de la concentración.</p> <p>El acondicionamiento de la dentina con NaOCl al 1,5%: mayor supervivencia y diferenciación de las células madre de la papila apical en comparación con la contraparte al 3%, mientras que el NaOCl al 6% conduce a una falta de supervivencia y diferenciación.</p>

04	Santiago DE, et al. (2021)	Algunos fundamentos de la endodoncia regenerativa con células madre en el diente permanente inmaduro no vital.	Documental	<p>Hipoclorito sódico (NaOCl) a 5,25 % produce diferenciación de células con actividad clástica, lo que provoca resorción dentinaria.</p> <p>Alta concentración de NaOCl a largo plazo en la dentina puede aumentar el riesgo de fractura radicular vertical por efecto perjudicial sobre su módulo de elasticidad y flexibilidad</p>
50	Loiacono R, et al. (2020).	Comparación de la Efectividad Antimicrobiana entre Hipoclorito de Sodio 2.5% y Ácido Hipocloroso 5% frente a Enterococcus Faecalis: Prueba In Vitro.	De campo: Cuasi experimental	<p>El NaOCl tiene capacidad de disolver el tejido necrótico y por su nivel microbiológico, tiene efecto sobre bacterias y hongos. Tiene la ventaja de poseer acción blanqueadora, desodorizante y es de fácil adquisición.</p> <p>Como desventaja tiene de ser un toxico celular.</p> <p>El ácido hipocloroso evidencia efectividad antibacteriana en bajas concentraciones. En endodoncia, según estudios es un buen agente antimicrobiano, que no afectaría el material orgánico.</p>
54	Marín M, Gómez B, Cano A, Cruz S, Castañeda D, Castillo E. (2019).	Hipoclorito de sodio como irrigante de conductos. Caso clínico, y revisión de literatura.	Estudios de caso y documental	<p>Entre las desventajas más importantes del NaOCl es que tiene un alto poder de toxicidad si entra en contacto con los tejidos blandos, causando primero una inflamación aguda que finalmente resulta en necrosis,</p> <p>El efecto final a altas concentraciones (5,25%) es hemolisis de los tejidos orgánicos debido a su pH entre 11 y 12.5 lo cual causa efectos oxidativos a nivel de las proteínas e hidrólisis. Puede producir anafilaxis.</p> <p>En cuanto a la clorhexidina, una desventaja de su uso es que manejado por tiempo prolongado pigmenta la lengua, los dientes y las restauraciones y puede alterar el gusto.</p> <p>CHX+NaOCl en alta concentración forman un precipitado cancerígeno.</p>

46	Matoug-Elwerfelli M, Nazzal H, Duggal M, El-Gendy R. What the future holds for regenerative endodontics: novel antimicrobials and regenerative strategies. EurCell Mater.	2021	Documental	<p>Las ventajas para aplicaciones clínicas extendidas del quitosano incluyen abundancia en la naturaleza, facilidad de modificación, no tóxico y bajo costo de producción.</p> <p>Probada eficacia del quitosano, biocompatibilidad y no citotoxicidad, su potencial regenerativo en odontología permanece controversial.</p>
57	Wei, X., Yang, M., Yue, L. et al. Expert consensus on regenerative endodontic procedures. Int J Oral Sci.	2022	Documental	<p>El NaOCl es el irrigante favorable en la mayoría de los estudios de REPs debido a su amplio espectro antibacteriano y propiedades de disolución tisular.</p> <p>Por otro lado, se ha demostrado que el 17% de EDTA rescata los efectos secundarios perjudiciales de NaOCl en la adhesión, supervivencia y diferenciación de las células madre y promover la liberación de factores de crecimiento endógenos de la dentina.</p>

Fuente: Gómez y Rodríguez (2023)

A pesar de notables avances en el campo de los procedimientos en ER en la pasada década, persisten varios desafíos, como la cuestionable eficacia de las actuales técnicas de desinfección disponibles para promover continuación del desarrollo radicular (24,43,55). Además, procedimientos ER es una estrategia de regeneración basada en células madre, de ahí que el equilibrio entre el tratamiento de conducto, desinfección y mantenimiento del microambiente lo más estéril posible es de primera importancia para que las células madre puedan regenerar el complejo pulpo-dentinario (2,54). En muchos de los

irrigantes intracanal usados actualmente como NaOCl y CHX se demostró que tienen un efecto citotóxico en el tallo de células madre (46).

El NaOCl tiene efecto citotóxico sobre las células madre dentales que depende de la concentración, así que el acondicionamiento de la dentina con NaOCl al 1,5% produce mayor supervivencia y diferenciación de las células madre de la papila apical en comparación con la contraparte al 3%; mientras que el NaOCl al 6% conduce a una falta de supervivencia y diferenciación (56).

Es importante destacar que el NaOCl es uno de los irrigantes endodónticos más antiguos y reportado en la mayoría de los estudios en procedimientos ER publicados, aunque en varias concentraciones que van del 1 al 6 %. Dentro de este marco, la solución de NaOCl se considera la irrigante de elección principalmente debido a su efecto bacteriostático, propiedades bactericidas y de disolución de tejidos siendo la gran ventaja para su indicación (46,53,56).

Entre otras desventajas más importantes del NaOCl es que tiene un alto poder de toxicidad si entra en contacto con los tejidos blandos una inflamación aguda que finalmente resulta en necrosis y también puede producir anafilaxis. Desventajas adicionales del NaOCl incluyen el sabor desagradable y su incapacidad para eliminar la capa de barrillo dentinal por sí solo (46).

El EDTA tiene poco o ningún efecto sobre el tejido orgánico y por sí solo no tiene efecto antibacteriano, no obstante, disuelve eficazmente el material inorgánico, incluyendo hidroxiapatita, y en combinación de los agentes desinfectantes usados localmente en capas más profundas de dentina, mejora el efecto antibacteriano de los mismos (56), sin embargo, después del uso

combinado con el EDTA, el NaOCl en alta concentración a largo plazo en la dentina, produce diferenciación de células con actividad clástica, lo que provoca resorción dentinaria por severa erosión de las paredes del conducto radicular, pudiendo aumentar el riesgo de fractura vertical por efecto perjudicial sobre su módulo de elasticidad y flexibilidad (4,56).

En cuanto a la clorhexidina, una desventaja de su uso es que actuando por tiempo prolongado pigmenta la lengua, los dientes y las restauraciones y puede alterar el gusto, considerando también que algunas investigaciones informan que al mezclar clorhexidina e hipoclorito a altas concentraciones se forma un precipitado cancerígeno (53).

Aunque novedosos agentes irrigantes han sido utilizados con el fin de superar las desventajas del NaOCl, EDTA y clorhexidina, son muy pocos los estudios *in vivo* y reporte de casos que soporten datos de sus desventajas en el procedimiento de regeneración endodóntica.

4.3 Soluciones irrigantes idóneas en los procedimientos de endodoncia regenerativa

Los protocolos de irrigación actuales utilizados en la desinfección endodóntica están limitados en penetración y desinfección de los túbulos dentinarios. Si bien esto puede tolerarse en tratamiento de endodoncia no quirúrgica debido a la presencia de un material de obturación radicular, puede suponer un riesgo de fracaso cuando se intenta un tratamiento de endodoncia regenerativo (53). En

el cuadro N° 3 se resumen los trabajos que hablan de los posibles irrigantes ideales en endodoncia regenerativa.

Cuadro N° 3. Soluciones irrigantes idóneas en los procedimientos de endodoncia regenerativa.

ID	Referencia	Título	Diseño	Hallazgos relevantes
56	Cai C, Chen X, Li Y, Jiang Q. (2023)	Advances in the Role of Sodium Hypochlorite Irrigant in Chemical Preparation of Root Canal Treatment.	Documental	<p>Polvo de etidronato (HEDP) es un quelante débil y compatible con la solución de NaOCl; esta combinación genera nueva solución que reduce la erosión de la dentina y demuestra una distribución homogénea de los contenidos orgánicos e inorgánicos en la superficie del conducto radicular después de la irrigación.</p> <p>La aplicación de HEDP se asoció con una mayor resistencia a la fractura en comparación con EDTA. En términos de limpieza del conducto radicular, HEDP es eficaz para disolver y matar bacterias junto con NaOCl; incluso se informó que la efectividad antibacteriana de NaOCl + HEDP era mayor que la de NaOCl + EDTA.</p>
61	Das S, Srivastava R, Thosar N, Khubchandani M, Ragit R, Malviya N. (2023)	Regenerative Endodontics- Reviving the Pulp the Natural Way: A Case Report.	Estudio de casos	<p>Los conductos radiculares se trataron con pasta antibiótica triple (TAP) e irrigación con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 1,5%. Se eliminó el TAP y se utilizó ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) al 17% para tratar los conductos radiculares durante la segunda visita.</p> <p>Para reducir la citotoxicidad del hipoclorito de sodio a las células madre en los tejidos apicales, se realizó irrigación con solución salina y EDTA.</p>

49	Polyák M, Komora P, Szabó EV, Lohinai ZM, Vág J. (2023)	Application of Hyperpure Chlorine Dioxide for Regenerative Endodontic Treatment of a Root-Canal Treated Immature Tooth with External Cervical Resorption and Periapical Lesion: A Case Report.	Estudio de casos	En la primera sesión, la limpieza quimiomecánica fue ayudada con hipoclorito de sodio y dióxido de cloro hiperpuro.
58	Reyes R, Schoor V, Vera A. (2022)	Endodoncia regenerativa en diente con absceso apical agudo: Reporte de caso.	Estudio de caso	<p>Drenaje e irrigación del canal con hipoclorito de sodio al 5%, dejando un doble sellado cavitario; se prescribió antibiótico, antiinflamatorio, analgésico.</p> <p>Segunda sesión, irrigación con hipoclorito al 2.5% y medicación con hidróxido de calcio por 4 semanas.</p> <p>Tercera sesión, se tomó muestra de sangre y se preparó plasma rico en fibrina. Se eliminó hidróxido de calcio con lima XP- EndoFinisher irrigando con 20 mL de EDTA al 17%, se indujo sangrado apical con lima K #25 y se aplicó plasma rico en fibrina en el canal, se selló con 3 mm de Biodentine y vidrio ionómero.</p>
55	Fouad AF, Diogenes AR, Torabinejad M, Hargreaves KM. (2022)	Microbiome Changes during Regenerative Endodontic Treatment Using Different Methods of Disinfection.	Estudio de casos	<p>Las variables grupales en los irrigantes de la primera cita, y en los irrigantes y medicamentos de la segunda cita fueron las siguientes:</p> <p>APEX: NaOCl 5,25%–6% / NaOCl 5,25%–6% + EDTA 17% e hidróxido de calcio; REGEN: NaOCl 1,25% / EDTA 17% y 0,1 mg/ml de pasta antibiótica triple (TAP); y REVASC NaOCl 5,25% / solución salina y 1 g/ml TAP, respectivamente.</p> <p>Se demostró reducción de la carga bacteriana de S0 a S2 en todos los grupos.</p>

				<p>Continuación...</p> <p>Se redujo la abundancia de <i>Bacteroidetes</i>, <i>Fusobacteria</i>, <i>Spirochaetes</i> y <i>Synergistetes</i>, con el trato brindado. Sin embargo, la abundancia relativa de <i>Firmicutes</i> y <i>Actinobacteria</i> no cambió y el de Proteobacterias aumentó.</p> <p>Se mostró que la reducción en taxones bacterianos fue mayor en REVASC que en APEX, que a su vez fue mayor que en REGEN.</p>
57	Wei, X., Yang, M., Yue, L. et al. (2022)	Expert consensus on regenerative endodontic procedures.	Documental	Sobre la base de estas pruebas, las directrices de la AAE y ESE recomiendan el uso de NaOCl al 1,5% ~ 3% seguido de EDTA al 17% en la primera cita y al 17% de EDTA en la segunda cita de REP.
51	Farhad A, Saatchi M, Bagherieh S. (2022)	Effect of citric acid versus ethylenediamine tetraacetic acid on radiographic root development in regenerative endodontic treatment: An animal study.	De campo Experimental en animales	<p>Para tratamiento endodóntico regenerativo los dientes en un lado de la mandíbula fueron irrigados con EDTA según el protocolo de regeneración de la Asociación Americana de Endodoncistas.</p> <p>Los dientes en el otro cuadrante fueron irrigados con ácido cítrico en la segunda sesión de tratamiento. Se obtuvieron radiografías de seguimiento a los 6 meses.</p> <p>No hubo diferencias significativas entre las 2 soluciones de riego con respecto a la aumento en la longitud de la raíz; sin embargo, el EDTA mostró una eficacia significativamente superior en el aumento del espesor de la dentina de la raíz en comparación con el ácido cítrico.</p>

31	Chetthavatcharapan S, Salingcarnboriboon R, Chivatxaranukul P. (2022)	A Final Flushwith EDTA Effectively Enhances the Disinfection of NaOCl in Non-Instrumented Root Canals.	De campo Experimental	Lavado final con EDTA después de la irrigación con NaOCl al 1,5% y fue más efectiva para la desinfección del conducto radicular que el uso de solución salina normal.
14	Lenzi R, Brisson K, Baasch A, Alves FRF, Rôças IN, Siqueira JF Jr. (2022)	Successful regenerative endodontic treatment in a tooth with incomplete root apex and posttreatment apical periodontitis: A case report	Estudio de casos	En la 1era cita irrigado con NaOCl al 5.5% + EDTA al 17%. En la siguiente cita el protocolo de irrigación fue NaOCl al 1% como irrigante principal, seguido de una irrigación final con EDTA al 17%, pasta antibiótica doble + RET mostraron reparación completa de la lesión de periodontitis apical y ausencia de síntomas, un resultado satisfactorio que se confirmó después de 34 meses
4	Santiago DE, LaO N, Castellanos C, et al. (2021)	Algunos fundamentos de la endodoncia regenerativa con células madre en el diente permanente inmaduro no vital.	Documental	<p>El NaOCl a bajas concentraciones se ha usado con excelentes resultados por su potente actividad antibacteriana y proteolítica, que logra disolver tejido orgánico. Igualmente, se observó que la concentración a 1,5 % tuvo efectos mínimos sobre la supervivencia y diferenciación celular.</p> <p>El NaOCl no puede eliminar la capa de barrido de la superficie de la dentina, por lo que se ha recurrido al uso de sustancias adicionales como los agentes quelantes (EDTA), que pueden eliminar esta capa dejando una superficie limpia con túbulos abierto.;</p> <p>Los protocolos de irrigación que incluyen EDTA de 3 a 17%, durante 10 minutos, parecen generar la supervivencia de las SCAP y su adherencia a las paredes del conducto radicular, lo que sugiere que la baja concentración a 3 % es suficiente para evitar daños innecesarios en la dentina.</p>

8	Elnaggar S, El Backly R, Zaazou A, Morsy Elshabrawy S, Abdallah A. (2021)	Effect of different irrigation protocols for applications in regenerative endodontics on mechanical properties of root dentin.	De campo Cuasi Experimental	<p>El NaOCl en las concentraciones recomendadas para RE no tuvo un efecto significativo sobre las propiedades mecánicas de la dentina.</p> <p>Sin embargo, la irrigación ultrasónica pasiva (PUI) con un mayor tiempo de irrigación podría tener efectos en dichas propiedades incluso con una concentración baja de NaOCl.</p> <p>EDTA al 17% promovió una mayor expresión de factores (ARNm de citoquinas) que tienen el potencial de mejorar el resultado del tratamiento de endodoncia regenerativo.</p>
52	Pace R, Giuliani V, Di Nasso L, Pagavino G, Franceschi D, Franchi L. (2021)	Regenerative Endodontic Therapy using a New Antibacterial Root Canal Cleanser in necrotic immature permanent teeth: Report of two cases treated in a single appointment.	Estudio de casos	<p>La importancia de un protocolo de desinfección predecible donde con sólo 5 minutos de irrigación con NaOCl al 1,5% se tiene un efecto antibiofilm comparable a 500 mg/mL de DAP y Ca(OH)₂ con una semana de exposición: ambas estrategias permiten una erradicación completa del biofilm de <i>Enterococcus Faecalis</i>.</p> <p>La eficacia de las soluciones irrigantes mejoró con el uso del limpiador HYBENX®.</p>
60	Tavares S, Pintor A, Mourão C, Magno M, Montemezzi P, Sacco R, Alves G, Scelza M. (2021)	Effect of Different Root Canal Irrigant Solutions on the Release of Dentin-Growth Factors: A Systematic Review and Meta-Analysis.	Documental	<p>Los ensayos ELISA mostraron una mayor liberación de TGF-β1 a partir del 10% de EDTA en comparación con el 10% de ácido cítrico ($p < 0,00001$).</p> <p>Los ensayos de inmuno-oro mostraron niveles más altos de TGF-β1 para 17% EDTA ($p < 0.00001$) en comparación con 10% de ácido cítrico. Estos resultados apuntan a un aumento de la liberación de TGF-β1 en la dentina tratada con EDTA.</p>

62	Ozasir T, Eren B, Gulsahi K, Ungor M. (2021)	The Effect of Different Final Irrigation Regimens on the Dentinal Tubule Penetration of Three Different Root Canal Sealers: A Confocal Laser Scanning Microscopy Study <i>In Vitro</i> .	Estudio de casos	<p>Como protocolo de irrigación final se experimentó la combinación de</p> <p>EDTA 17%+ Ac. Maleico 7%: EDTA 17%+ CHX 2% Ac. Maleico 7% + CHX 2% NaOCL al 5,25% solo EDTA 17% solo</p> <p>La combinación EDTA+AM no mostró diferencia significativa en la penetración de los túbulos dentinarios en comparación con CHX.</p>
53	Alshwali H, Iohara K, Taroush M, Huang G, Nakashima M, Azim A. (2020).	Nanobubble-Enhanced Antimicrobial Agents: A Promising approach For Regenerative Endodontics	De campo Experimental en animales	<p>El agua NB fue más efectiva para eliminar la capa de frotis que el EDTA y podría permitir infiltración de tetraciclina en el túbulo dentinario más de 1 mm, no alterar la microdureza de la dentina en comparación con el EDTA al 17%.</p> <p>.</p>
63	Kharchi AS, Tagiyeva-Milne N, Kanagasingam S. (2020)	Regenerative Endodontic Procedures, Disinfectants and Outcomes: A Systematic Review.	Documental	<p>Esta revisión no proporciona evidencia para contradecir el mantenimiento de las pautas recomendadas de uso de hipoclorito de sodio al 1,5-3%.</p> <p>Se reconoce como complemento alarutina de hipoclorito de sodio, el uso indicado de la solución EDTA al 17% como el irrigante final.</p>
65	Aksel H, Albanyan H, Bosaid F, Azim AA. (2020)	Dentin Conditioning Protocol for Regenerative Endodontic Procedures.	De campo Experimental	<p>La preparación de EDTA con nanoburbujas (NB) no cambió las propiedades biológicas dela Dentina acondicionada con EDTA.</p> <p>Neutralizar NaOCl con EDTA puede mejorar diseminación celular en la superficie de la dentina</p> <p>La activación con ultrasonido de EDTA puede aumentar la liberación de GF (factor de crecimiento) de la dentina.</p>

5	Pulyodan M, ParamelMohan S, Valsan D, Divakar N, Moyin S, Thayyil S. (2020)	Regenerative Endodontics: A Paradigm Shift in Clinical Endodontics.	Documental	<p>Un riego suave con grandes cantidades de un irrigante eficaz como el hipoclorito de sodio (NaOCl). La aguja con extremo cerrado y ventilaciones laterales, o EndoVac™, se puede utilizar para reducir la posibilidad de extrusión de irrigante en el espacio periapical.</p> <p>Para minimizar el daño a las células madre en la región apical, se recomiendan concentraciones reducidas de NaOCl (1,5% de NaOCl [20 ml/canal, 5 min]). Esto es seguido por el riego con solución salina o ácido etilendiaminotetraacético (EDTA; 20 mL/canal, 5 min) colocando la aguja de irrigación a aproximadamente 1 mm del extremo de la raíz.</p>
54	Marín M, Gómez B, Cano A, Cruz S, Castañeda D, Castillo E. (2019)	Hipoclorito de sodio como irrigante de conductos. Caso clínico, y revisión de literatura.	Estudios de caso y documental	<p>El NaOCl ha sido empleado como irrigante intraconducto en la terapia endodóntica desde el siglo pasado.</p> <p>A pesar de los estragos que ha generado en los tejidos de los pacientes y del avance de ciencia a nivel de sustancias más adecuadas para este fin, permanece en la práctica odontológica como la primera elección en los irrigantes.</p>
50	Loiacono R, et al. (2020).	Comparación de la Efectividad Antimicrobiana entre Hipoclorito de Sodio 2.5% y Ácido Hipocloroso 5% frente a Enterococcus Faecalis: Prueba In Vitro.	De campo: Cuasi experimental	<p>Unas soluciones irrigadoras trabajan sobre los restos pulpares, vitales o necróticos y otras descontaminan, blanquean y aumentan la permeabilidad dentinaria.</p> <p>Actualmente, no existe un irrigante ideal que cumpla con todas estas características.</p>

16	Abdel Hafiz A, Abdelgawad F, AbdAlsamed A, Moheb D, Wahab El-Dokky N. (2019)	Case Report: Single visit photo-activated disinfection in regenerative endodontics.	Estudio de caso	<p>La desinfección fotoactivada es un nuevo método que puede ayudar a lograr el objetivo de la endodoncia regenerativa.</p> <p>El conducto radicular fue irrigado con solución hipoclorito de sodio (1,5%) seguida de solución salina. Luego, el canal se secó con puntas de papel, se introdujo una combinación de una solución fotosensibilizadora y se aplicó luz láser de potencia baja. Se utilizó solución irrigante EDTA como final.</p> <p>Los hallazgos clínicos no revelaron dolor a la percusión ni a la prueba de palpación. El examen radiológico reveló un aumento en la longitud de la raíz, un aumento del espesor de la raíz apical y del cierre apical a los 12 meses de período de seguimiento.</p> <p>La desinfección logró resultados exitosos en Endodoncia regenerativa de diente permanente inmaduro necrótico utilizando soluciones fotoactivadas.</p>
64	Bracks I, Espaladori M, Barros P, de Brito L, Vieira L, Ribeiro SA. (2019)	Effect of ethylenediamine tetraacetic acid irrigation on immune-inflammatory response in teeth submitted to regenerative endodontic therapy.	De campo Experimental	EDTA promovió una mayor expresión de factores que tienen el potencial de mejorar el resultado del tratamiento de endodoncia regenerativo.

Fuente: Gómez y Rodríguez (2023)

De manera óptima, los agentes desinfectantes utilizados en los procedimientos de RE deben equilibrarse entre tener un amplio espectro de actividad antibacteriana y la capacidad de promover la adhesión, pulpar necrótico, inactivar la endotoxina, prevenir la formación de una capa de barro durante la

instrumentación o disolver esta última proliferación y diferenciación de las células madre (4,58).

Parece evidente que lo ideal sería que los irrigantes del conducto radicular tengan un amplio espectro antimicrobiano y una alta eficacia contra microorganismos anaeróbicos y facultativos organizados en biopelículas; disolver restos de tejido una vez que se haya formado, ser sistémicamente no tóxico, no ser cáustico para los tejidos periodontales, tener poco potencial para causar una reacción anafiláctica (59).

El último protocolo para procedimientos endodónticos regenerativos publicado por la Asociación Americana de Endodoncistas (AAE) incluyó irrigación con hipoclorito de sodio al 1,5% seguido del uso de hidróxido de calcio Ca(OH)_2 , medicamentos intracanal o bajas concentraciones (1-5 mg / ml) de pastas antibióticas y EDTA al 17% que se usa en la segunda visita (3). Sin embargo, estos agentes antibacterianos aún diluidos podrían tener un efecto perjudicial sobre las células madre. Se informó que, después de 1 hora de exposición, 1% y 5% de EDTA redujeron significativamente la viabilidad de las células madre de la papila apical (SCAP) y las células madre del ligamento periodontal, mientras que no se observó supervivencia celular con NaOCl al 1% (57,58,59,60).

La Sociedad Europea de Endodoncia y las guías clínicas de la Asociación Americana de Endodoncistas (3) han recomendado el uso de EDTA al 17% después de NaOCl en baja concentración para procedimientos de RE con el fin de optimizar la viabilidad y diferenciación celular y para mejorar la liberación

de factores de crecimiento de la matriz de dentina y es el protocolo conseguido en la mayoría de la literatura analizada (5,8,14,16,18,31,51,53,55,56,57,58,60, 61,62).

La presencia de un ambiente estéril juega un papel crucial en el éxito de los procedimientos de RE, ya que hay un impacto en la quimiotaxis de las células madre mesenquimales y, en consecuencia, en la neoformación del tejido mineralizado. Sin embargo, se sabe que NaOCl muestra efectos negativos en la supervivencia de las células madre además de ser un potencial irritante para los tejidos periapicales, especialmente a altas concentraciones. Por lo tanto, el acondicionamiento adicional con EDTA puede neutralizar la citotoxicidad provocada por NaOCl, mejorando la propagación celular y la liberación de moléculas bioactivas de la dentina condicionada (15,18,57,59,63).

Numerosas sustancias irrigantes se han ido introduciendo a los tratamientos de ER, con el fin de mejorar el protocolo establecido por la AAE, sin que se pueda contar con resultados suficientes que avalen su sustitución, destacando el hecho que todas las innovaciones se dirigen a mejorar las debilidades del NaOCl y EDTA combinándolos con las sustancias y técnicas desarrolladas con los avances de la ciencia en odontología. Entre estas se consigue:

- El **Diclorhidrato de octenidina** (OCT) es un antiséptico con un amplio espectro de propiedades antibacterianas; la combinación de OCT y NaOCl podría ser una estrategia para mejorar la erradicación del biofilm. La conjunción de OCT redujo la citotoxicidad del NaOCl al 5.25%, demostrando potencial para el irrigación combinada (52).

- En diente inmaduro con necrosis pulpar, la combinación de NaOCl al 1.25% con **dióxido de sodio hiperpuro** fue utilizado siendo activado con ultrasonido. Al lavado con solución salina estéril le siguió una irrigación con 20 ml de EDTA al 17 %, como un ejemplo que demuestra que los procedimientos endodónticos regenerativos podrían usarse potencialmente para tratar dientes inmaduros con periodontitis apical persistente y reabsorción cervical externa, ya que hubo engrosamiento de paredes radiculares y cierre apical (49).

- La quelación continua es un protocolo innovador de irrigación del conducto radicular donde NaOCl se mezcla con un polvo de **etidronato** (HEDP) para crear un nuevo irrigante endodóntico esta combinación podría servir como una alternativa al protocolo actual de NaOCl / EDTA, se informó que la efectividad antibacteriana de NaOCl + HEDP era mayor que la de NaOCl + EDTA. Sin embargo, no se encontraron diferencias en la eliminación de la capa de frotis y los restos de dentina entre estas dos estrategias de irrigación. Aunque este innovador protocolo de irrigación ha demostrado ser práctico y seguro, su eficacia clínica sigue siendo un tema de debate (56,64).

- La nanotecnología hace un aporte con el **agua de nanoburbujas** (NB) que puede permitir la eliminación de la capa de barro y mejorar la penetración tubular de medicamentos sin cambiar la micro dureza de la dentina. Resultados sugieren que el agua de NB puede ser un complemento prometedor para los irrigantes y medicamentos endodónticos (53,65).

Finalmente, si bien los procedimientos de endodoncia regenerativa han mostrado resultados prometedores, también vienen con varias limitaciones y desafíos. No todos

los casos son adecuados para procedimientos endodónticos regenerativos, y el éxito depende de la edad del paciente, la etapa de desarrollo de la raíz y el grado de inflamación (7). Aunque la creciente evidencia respalda la efectividad de los procedimientos endodónticos regenerativos, los estudios clínicos a largo plazo aún son relativamente limitados, existiendo en la literatura actual la posibilidad de sesgo de publicación, ya que es probable que los casos exitosos se informen con más frecuencia que los casos fallidos, lo que resulta en una sobreestimación del éxito de los dientes tratados con RET (53). Además, hay pocos estudios prospectivos a largo plazo que informen sobre resultados más allá de los 18 meses por lo que la retención a largo plazo de los dientes tratados con RET aún no se ha determinado (23).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Las soluciones irrigantes usadas en endodoncia regenerativa deben poseer de manera equilibrada actividad antibacteriana y capacidad de promover la adhesión, proliferación y diferenciación de las células madre de la papila apical.
- En terapias de endodoncia regenerativa el hipoclorito de sodio (NaOCl) y el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) siguen siendo las soluciones más usadas y confiables, esto se debe a su importante actividad antimicrobiana contra bacterias, hongos y virus, así como a su capacidad para disolver tejidos necróticos y vitales. Sin embargo, tienen un efecto citotóxico dependiente de la concentración.
- No se consiguieron soluciones irrigantes ideales ni un protocolo universal capaz de erradicar contaminantes derivados de la necrosis e infección pulpar, sin afectar la capacidad de reposición y revascularización de células madre y factores de regeneración de tejidos dentales.
- Existen nuevas sustancias como el agua de nanoburbujas y técnicas como irrigación ultrasónica, para la desinfección en conductos radiculares con

tratamiento de endodoncia regenerativa, no obstante, por la escasa evidencia clínica de su efectividad, el uso combinado de NaOCL con EDTA sigue siendo regla de oro para desinfección de conductos radiculares.

Recomendaciones

- Realizar más estudios microbiológicos para establecer el mejor protocolo de desinfección para controlar la biopelícula intracanal y al mismo tiempo preservar la vitalidad de las células madre en la papila apical.
- Continuar los estudios clínicos necesarios, con muestras más representativas para crear y estandarizar un protocolo de revascularización pulpar en el tratamiento endodóntico regenerativo, utilizando los agentes de irrigación novedosos, solos o combinados con los encontrados en la literatura reciente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fernández D, Jiménez L. Nuevas tendencias de andamios en los procedimientos regenerativos endodónticos. Revisión bibliográfica. ODOUS Científica. [Internet]. 2021 [Citado 22 Mar 2023]; 22(1):65-79. DOI: <https://doi.org/10.54139/odous.v22i1.83>
2. Kim SG, Malek M, Sigurdsson A, Lin LM, Kahler B. Regenerative endodontics: a comprehensive review. International Endodontic Journal. Blackwell Publishing Ltd. [Internet]. 2018 [Citado 22 Mar 2023]; 51(12): 1367–1388. DOI: <https://doi.org/10.1111/iej.12954>
3. American Association of Endodontics. Clinical Considerations for a Regenerative Procedure. [Internet]. 2018 [Citado 22 Mar 2023]; P.1-7. Disponible en: https://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2018/06/ConsiderationsForRegEndo_AsOfApril2018.pdf
4. Santiago DE, LaO N, Castellanos C, et al. Algunos fundamentos de la endodoncia regenerativa con células madre en el diente permanente inmaduro no vital. MediSan. [Internet]. 2021 [Citado 22 Mar 2023]; 25(02):470-488. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medisan/mds-2021/mds212q.pdf>
5. Pulyodan MK, Paramel Mohan S, Valsan D, Divakar N, Moyin S, Thayyil S. Regenerative Endodontics: A Paradigm Shift in Clinical Endodontics. J Pharm Bioallied Sci. [Internet]. 2020 [Citado 25 Mar 2023]; 12(Suppl 1):S20-S26. doi: https://doi.org/10.4103/jpbs.JPBS_112_20.
6. Tonini R, Salvadori M, Audino E, Sauro S, Garo ML, Salgarello S. Irrigating Solutions and Activation Methods Used in Clinical Endodontics: A Systematic Review. Front Oral Health. [Internet]. 2022 [Citado 25 Mar 2023]; 31(3):838043. doi: <https://doi.org/10.3389/froh.2022.838043>.
7. Diogenes AR, Ruparel NB, Teixeira FB, Hargreaves KM. Translational science in disinfection for regenerative endodontics. J Endod. [Internet]. 2014 [Citado 25 Mar 2023]; 40(4):S52-7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.01.015>.
8. Elnaggar SE, El Backly RM, Zaazou AM, MorsyElshabrawy S, Abdallah AA. Effect of different irrigation protocols for applications in regenerative endodontics on mechanical properties of root dentin. AustEndod J.

- [Internet]. 2021 [Citado 25 Mar 2023]; 47(2):228-235. doi: <https://doi.org/10.1111/aej.12457>.
9. Dioguardi M, Gioia GD, Illuzzi G, Laneve E, Cocco A, Troiano G. Endodontic irrigants: Different methods to improve efficacy and related problems. *Eur J Dent*. [Internet]. 2018 Jul-Sep [Citado 29 Mar 2023];12(3):459-466. doi: https://doi.org/10.4103/ejd.ejd_56_18.
 10. Gurria A, et al. Irrigantes endodónticos. *Revista Mexicana de Estomatología*. [Internet]. 2018 Jun. [Citado 29 Mar 2023]; 5(1):34-36. Disponible en: <https://www.remexesto.com/index.php/remexesto/article/view/195/377>
 11. Cameron R, Claudia E, Ping W, Erin S, Ruparel NB. Effect of a Residual Biofilm on Release of Transforming Growth Factor β 1 from Dentin. *J Endod*. [Internet]. 2019 Sep [Citado 29 Mar 2023]; 45(9):1119-1125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.05.004>.
 12. Frigolett MJ, Molina AC. Nivel de conocimiento de las Sociedades de Endodoncia en Chile sobre procedimientos de endodoncia regenerativa: Conocimiento de Sociedades de Endodoncia en Chile sobre REPs. *Applied Sciences in Dentistry* [Internet]. 2023 [Citado 29 Mar 2023]; 4(2). P 11-21. <http://panambi.uv.cl/index.php/asid/article/view/3738/3797>
 13. Bansal R, Jain A, Mittal S. Current overview on challenges in regenerative endodontics. *J Conserv Dent*. [Internet]. 2015 Jan-Feb [Citado 29 Mar 2023]; 18(1):1-6. Disponible en: <https://jcd.org.in/article.asp?issn=0972-0707;year=2015;volume=18;issue=1;spage=1;epage=6;aualast=Bansal>
 14. Lenzi R, Brisson-Suárez K, Baasch A, Alves FRF, Rôças IN, Siqueira JF Jr. Successful regenerative endodontic treatment in a tooth with incomplete root apex and posttreatment apical periodontitis: A case report. *J Clin Exp Dent*. [Internet]. 2022 Jun 1 Feb [Citado 29 Mar 2023]; 14(6):e506-e509. doi: <https://doi.org/10.4317/jced.59358>.
 15. Bosaid F, Aksel H, Makowka S, Azim AA. Surface and structural changes in root dentine by various chelating solutions used in regenerative endodontics. *IntEndod J*. [Internet]. 2020 Oct [Citado 29 Mar 2023]; 53(10):1438-1445. doi: <https://doi.org/10.1111/iej.13354>.
 16. Abdel Hafiz A, Abdelgawad F, AbdAlsamed A, Moheb D, Wahab El-Dokky N. Case Report: Single visit photo-activated disinfection in regenerative

- endodontics. F1000Res. [Internet]. 2019 Aug [Citado 29 Mar 2023]; 28(8):1519. doi: <https://doi.org/10.12688/f1000research.20118.2>.
17. Taweewattanapaisan P, Jantararat J, Ounjai P, Janebodin K. The Effects of EDTA on Blood Clot in Regenerative Endodontic Procedures. *J Endod*. 2019 Mar [Citado 2 Abr 2023]; 45(3):281-286. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30803535/>
 18. Chae Y, Yang M, Kim J. Release of TGF- β 1 into root canals with various final irrigants in regenerative endodontics: an in vitro analysis. *IntEndod J*. [Internet]. 2018 Dec [Citado 2 Abr 2023]; 51(12):1389-1397. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29774548/>
 19. Rodríguez, C, Oporto G. Determinación de la Longitud de Trabajo en Endodoncia: Implicancias Clínicas de la Anatomía Radicular y del Sistema de Canales Radiculares. *Int. J. Odontostomat*. [Internet]. 2014 [Citado 2 Abr 2023]; 8(2): 177-183. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X201400200005
 20. Ayala T, Roque W, Fuentes R. Tratamientos endodónticos regenerativos en dientes permanentes jóvenes con necrosis pulpar: revisión bibliográfica. *Revista Minerva*. [Internet]. 2021 [Citado 2 Abr 2023]; 4(1): 63-74. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/157b/da3212d05bea9027172f0b5704e7c61d7752.pdf>
 21. Nassar MA, Roshdy NN, Kataia M, Mousa H, Sabet N. Assessment of the Clinical Outcomes of Single Visit Regenerative Endodontic Procedure In Treating Necrotic Mature Teeth with Apical Periodontitis Using Biological Irrigating Solution. *Maced J Med Sci*. [Internet]. 2023 Jan. 5 [Citado 2 Abr 2023]; 11(D):61-4. Disponible en: <https://oamjms.eu/index.php/mjms/article/view/11>
 22. Koc S, Del Fabbro M. Does the etiology of pulp necrosis affect regenerative endodontic treatment outcomes? A systematic review and meta-analyses. *Journal of Evidence Based Dental Practice*. [Internet]. 2020 [Citado 2 Abr 2023]; 20(1): 101400. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2020.101400>.
 23. Nagy MM, Tawfik HE, Hashem AAR, Abu-Seida AM. Regenerative potential of immature permanent teeth with necrotic pulps after different

- regenerative protocols. *J Endod.* [Internet]. 2014 [Citado 2 Abr 2023]; 40(2):192–198. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24461403/>.
24. Nazzal H, Tong H, Nixon P, Duggal M. Regenerative endodontic therapy for managing immature non-vital teeth: a national survey of UK paediatric dental specialists and trainees. *Br Dent J.* [Internet]. 2018 Feb [Citado 12 Abr 2023]; 23;224(4):247-254. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/sj.bdj.2018.122>
 25. Wigler R, Kaufman AY, Lin S, Steinbock N, Hazan-Molina H, Torneck CD. Revascularization: A treatment for permanent teeth with necrotic pulp and incomplete root development. *Journal of Endodontics. J Endod.* [Internet]. 2013 [Citado 12 Abr 2023]; 39(3):319–326. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/235602774>
 26. McIntyre PW, Wu JL, Kolte R, Zhang R, Gregory RL, Bruzzaniti A, Yassen GH. The antimicrobial properties, cytotoxicity, and differentiation potential of double antibiotic intracanal medicaments loaded into hydrogel system. *Clin Oral Investig.* [Internet]. 2019 Mar [Citado 12 Abr 2023]; 23(3):1051-1059. <https://sci-hub.wf/10.1007/s00784-018-2542-7>
 27. Mustafa M, Alaajam WH, Azeim AA, Alfayi NA, Alqobty RM, Alghannam S. Diffusion of calcium hydroxide through dentinal tubules of retreated root canals: An in vitro study. *Eur J Dent.* [Internet]. 2018 [Citado 12 Abr 2023]; 12(3):386–92. Disponible en: https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.4103/ejd.ejd_77_18#N106ED
 28. Valverde ME, Baca P, Ceballos L, Fuentes MV, Ruiz-Linares M, Ferrer-Luque CM. Antibacterial efficacy of several intracanal medicaments for endodontic therapy. *Dent Mater J.* [Internet]. 2017 [Citado 20 Abr 2023]; 36(3)1–6. Disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/dmj/36/3/36_2016-102/_article
 29. Mohammadi Z, Asgary S. Antifungal Activity of Endodontic Irrigants. *IranEndod J.* [Internet]. 2015 [Citado 20 Abr 2023]; 10(2):144–7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4372792/>
 30. De Almeida J, Hoogenkamp M, Felipe WT, Crielaard W, van der Waal SV. Effectiveness of EDTA and Modified Salt Solution to Detach and Kill Cells from *Enterococcus faecalis* Biofilm. *J Endod.* [Internet]. 2016 Feb [Citado

- 20 Abr 2023]; 42(2):320-3. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0099239915010808>
31. Chetthavatcharapan S, Salingcarnboriboon R, Chivatxaranukul P. A Final Flush with EDTA Effectively Enhances the Disinfection of NaOCl in Non-Instrumented Root Canals. *J Dent Assoc Thai*. [Internet]. 2022 January - March [Citado 20 Abr 2023]; 72(1). Disponible en: <https://www.jdat.org/data/upload/file-641-20211230100031.pdf>
32. Asamblea Nacional. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. Gaceta oficial N° 5808 extraordinario. Caracas: Venezuela.1999. [Citado 20 Abr 2023]. Disponible en: https://www.oas.org/dil/esp/constitucion_venezuela.pdf
33. Colegio de Odontólogos de Venezuela. Código de Deontología Odontológica. [Citado 20 Abr 2023]. San Felipe: Venezuela.1992. [Citado 20 Abr 2023]. Disponible en: <https://www.elcov.org/ley2.htm>
34. Venezuela. Ley sobre el Derecho de Autor. Caracas: Venezuela 1993. [Citado 20 Abr 2023]. Disponible en: https://sapi.gob.ve/wp-content/uploads/2020/09/ley_derecho_de_autor.pdf
35. Pace R, Giuliani V, Pini Prato L, Baccetti T, Pagavino G. Apical plug technique using mineral trioxide aggregate: results from a case series. *IntEndod J*. [Internet]. 2007 [citado 6 jun de 2023]; 40(6)478- 84. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01240.x>
36. Rendón J, Jiménez LP, Urrego PA. Células madre en odontología. (Stemcells in dentistry). *CES odontol*. [Internet]. 25 de julio de 2011 [citado 6 jun de 2023]; 24(1):51-8. Disponible en: <https://revistas.ces.edu.co/index.php/odontologia/article/view/1475>
37. Soares y Goldberg. Endodoncia: Técnica y fundamentos. Cuarta edición. Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2002.
38. Cohen S, Hargreaves KM. Vías de la pulpa. 9ª ed. Madrid: Elsevier Mosby; 2008.
39. Botia K, Quesada E, Fang L, Covo E. Accidente con hipoclorito de sodio durante la terapia endodóntica. *Rev Cubana Estomatol*. [Internet]. 2018 [citado 6 jun de 2023]; 55(2):1-5. Disponible en: <https://revestomatologia.sld.cu/index.php/est/article/view/1492/418>

40. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. 5ta Edición. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas: Venezuela. 2016.
41. Hernández S, Fernández C, Baptista P. Metodología de la investigación. 6ta edición. México: McGraw-Hill; 2014.
42. Page MJ, Moher D. Evaluations of the uptake and impact of the Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA) Statement and extensions: a scoping review. Syst Rev [internet]. 2017 [citado 6 jun de 2023]; 6(1):1-14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13643-017-0663-8>.
43. Reyes-Carmona Jessie. Irrigation protocols effects on radicular dentin: Cleaning, disinfection and remaining ultrastructure. Odovtos [Internet]. 2023 Apr [citado 22 jul de 2023]; 25(1): 14-21. DOI: <https://doi.org/10.3390/app131810400>.
44. Dos Reis-Prado AH et al. Influence of ethylenediaminetetraacetic acid on regenerative endodontics: A systematic review. International Endodontic Journal. [Internet]. 2022 March [citado 22 jul de 2023]; 55(6) P: 579-612. doi: <https://doi.org/10.1111/iej.13728>.
45. Pinheiro ET, Karygianni L, Attin T, Thurnheer T. Antibacterial Effect of Sodium Hypochlorite and EDTA in Combination with High-Purity Nisin on an Endodontic-like Biofilm Model. Antibiotics (Basel). [Internet]. 2021 [citado 22 jul de 2023]; 10(9):1141. doi: <https://doi.org/10.3390/antibiotics10091141>.
46. Matoug-Elwerfelli M, Nazzal H, Duggal M, El-Gendy R. What the future holds for regenerative endodontics: novel antimicrobials and regenerative strategies. Eur Cell Mater. [Internet]. 2021 Jun [citado 22 jul de 2023]; 25(41):811-833. Disponible en: <https://www.ecmjournal.org/papers/vol041/pdf/v041a51.pdf>
47. Wong J, Manoil D, Näsman P, Belibasakis GN, Neelakantan P. Microbiological aspects of root canal infections and disinfection strategies: an update review on the current knowledge and challenges. Frontiers in Oral Health. [Internet]. 2021 [citado 22 jul de 2023]; 2:672887. doi: <https://doi.org/10.3389/froh.2021.672887>.

48. Alfadda S, Alquria T, Karaismailoglu E, Aksel H, Azim AA. Antibacterial Effect and Bioactivity of Innovative and Currently Used Intracanal Medicaments in Regenerative Endodontics. *J Endod.* [Internet]. 2021 Aug [citado 22 jul de 2023]; 47(8):1294-1300. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.05.005>.
49. Polyák M, Komora P, Szabó EV, Lohinai ZM, Vág J. Application of Hyperpure Chlorine Dioxide for Regenerative Endodontic Treatment of a Root-Canal-Treated Immature Tooth with External Cervical Resorption and Periapical Lesion: A Case Report. *Applied Sciences.* [Internet]. 2023 [citado 30 jul de 2023]; 13(18):10400. DOI: <https://doi.org/10.3390/app131810400>.
50. Loiacono R, Pérez S, Anaise C, Pinasco L, Tejerina D, Gliosca L, et al. Comparación de la Efectividad Antimicrobiana entre Hipoclorito de Sodio 2.5% y Ácido Hipocloroso 5% frente a *Enterococcus Faecalis*: Prueba *In Vitro*. *Rev Fac Odontol Univ Buenos Aires.* [Internet]. 2020 [citado 28 agosto de 2023]; 36(84): 21-26. Disponible en: <https://revista.odontologia.uba.ar/index.php/rfouba/article/view/96>
51. Farhad A, Saatchi M, Bagherieh S. Effect of citric acid versus ethylenediaminetetraacetic acid on radiographic root development in regenerative endodontic treatment: An animal study. *Journal of Endodontics.* [Internet]. 2022. [citado 30 jul de 2023]; 48. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2022.01.001>.
52. Pace R, Giuliani V, Di Nasso L, Pagavino G, Franceschi D, Franchi L. Regenerative Endodontic Therapy using a New Antibacterial Root Canal Cleanser in necrotic immature permanent teeth: Report of two cases treated in a single appointment. *Clin Case Rep.* [Internet]. 2021 Mar 11 [citado 22 jul de 2023]; 9(4):1870-1875. doi: <https://doi.org/10.1002/ccr3.3696>.
53. Alshwali H, Iohara K, Taroush M, Huang G, Nakashima M, Azim A. Nanobubble-Enhanced Antimicrobial Agents: A Promising approach For Regenerative Endodontics. *Journal of Endodontics.* [Internet]. 2020 [citado 28 agosto de 2023]; 46(9), P1248-1255. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.06.002>.
54. Marín M, Gómez B, Cano A, Cruz S, Castañeda D, Castillo E. Hipoclorito de sodio como irrigante de conductos. Caso clínico, y revisión de literatura. *AvOdontoestomatol.* [Internet]. 2019 Abr [citado 22 jul de 2023]; 35(1):

- 33-43. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0213-12852019000100005&script=sci_arttext
55. Fouad AF, Diogenes AR, Torabinejad M, Hargreaves KM. Microbiome Changes during Regenerative Endodontic Treatment Using Different Methods of Disinfection. *J Endod.* [Internet]. 2022 Oct;48(10):1273-1284. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2022.07.004>
56. Cai C, Chen X, Li Y, Jiang Q. Advances in the Role of Sodium Hypochlorite Irrigant in Chemical Preparation of Root Canal Treatment. *Biomed Res Int.* [Internet]. 2023 Jan [citado 8 sep de 2023]; 13;2023:8858283. doi: <https://doi.org/10.1155/2023/8858283>.
57. Wei X, Yang M, Yue L. et al. Expert consensus on regenerative endodontic procedures. *Int J Oral Sci.* [Internet]. 2022 [citado 8 sep de 2023]; 14(55). doi: <https://doi.org/10.1038/s41368-022-00206-z>.
58. Reyes R, Schoor V, Vera A. Endodoncia regenerativa en diente con absceso apical agudo: Reporte de caso. *Revista Canal Abierto.* [Internet]. 2022 [citado 28 agosto de 2023]; 45:20-24. Disponible en: <https://www.canalabierto.cl/storage/articles/April2022/xn1jGoKloXaOX7U1YKXk.pdf>
59. Elnawam H, Abdelmougod M, Mobarak A, Hussein M, Aboualmakarem H, Girgis M, El Backly R. Regenerative Endodontics and Minimally Invasive Dentistry: Intertwining Paths Crossing Over Into Clinical Translation. *Front Bioeng Biotechnol.* [Internet]. 2022 Feb 8 [citado 16 sep de 2023]; 10:837639. doi: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.837639>.
60. Tavares S, Pintor A, Mourão C, Magno M, Montemezzi P, Sacco R, Alves G, Scelza M. Effect of Different Root Canal Irrigant Solutions on the Release of Dentin-Growth Factors: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Documental. RevMaterials.* [Internet]. 2021 [citado 16 sep de 2023]; 14(19):5829. <https://doi.org/10.3390/ma14195829>.
61. Das S, Srivastava R, Thosar N, Khubchandani M, Ragit R, Malviya N. Regenerative Endodontics Reviving the Pulp the Natural Way: A Case Report. *Cureus.* [Internet]. 2023 Mar 23 [citado 16 sep de 2023]; 15(3):e36587. doi: <https://doi.org/10.7759/cureus.36587>.
62. Ozasir T, Eren B, Gulsahi K, Ungor M. The Effect of Different Final Irrigation Regimens on the Dentinal Tubule Penetration of Three Different

- Root Canal Sealers: A Confocal Laser Scanning Microscopy Study In Vitro. Scanning. [Internet]. 2021 Oct [citado 23 sep de 2023]; 14:8726388. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8531796/>
63. Kharchi AS, Tagiyeva-Milne N, Kanagasingam S. Regenerative Endodontic Procedures, Disinfectants and Outcomes: A Systematic Review. Prim Dent J. [Internet]. 2020 Dec [citado 23 sep de 2023]; 9(4):65-84. doi: <https://doi.org/10.1177/2050168420963302>.
64. Bracks I, Espaladori M, Barros P, de Brito L, Vieira L, Ribeiro Sobrinho A. Effect of ethylenediaminetetraacetic acid irrigation on immune-inflammatory response in teeth submitted to regenerative endodontic therapy. IntEndod J. [Internet]. 2019 Oct [citado 23 sep de 2023]; 52(10):1457-1465. doi: <https://doi.org/10.1111/iej.13136>.
65. Aksel H, Albanyan H, Bosaid F, Azim AA. Dentin Conditioning Protocol for Regenerative Endodontic Procedures. J Endod. [Internet]. 2020 Aug [citado 23 sep de 2023]; 46(8):1099-1104. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.05.010>.