



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

TESIS

**“Análisis de la seguridad de extrusión apical a partir de la
comparación con distintos sistemas de activación en
conductos radiculares”**

**Para obtener el grado de
Especialista en Endodoncia
Presenta**

C.D. LILIANA NAVA RAMOS

ASESORA: DSP. GABRIELA LÓPEZ TORRES
COASESOR: D. en C. ALAN FABRICIO CANO MÉNDEZ

MORELIA, MICHOACÁN MÉXICO.

OCTUBRE, 2025.

Dedicatorias

A mis padres, sin ellos no lo habría logrado, gracias por apoyarme siempre e impulsarme a seguir adelante, esta tesis es el testimonio de cada sacrificio que han hecho, cada día de trabajo duro y sobretodo de su amor, gracias por estar siempre conmigo, les debo lo que soy.

Una meta más en mi vida se ha cumplido... me he convertido en endodoncista.

A Dany, mi hermanita y compañera del alma que a pesar de la distancia siempre me ha apoyado emocionalmente y me dio ánimos para seguir con mi especialidad.

A mi tía Lety, un pilar de afecto inquebrantable, gracias por siempre tener palabras de cariño y tu firme convicción en mí.

A Dios por darme fuerzas en todo momento e iluminar mi camino.

A la vida, por las lecciones aprendidas, los desafíos que me hicieron más fuerte y la inmensa oportunidad de crecer y servir a través de esta noble profesión.

Agradecimientos

Quiero agradecer de manera especial **a mi asesora la Doctora Gabriela López Torres y a mi coasesor el Doctor Alan Fabricio Cano Méndez**, por ser las personas que me guiaron y acompañaron en la realización de este proyecto, gracias por su paciencia, dedicación y disposición en todo momento. Su acompañamiento fue fundamental para transformar una idea en este logro palpable.

A mis profesores que compartieron sus conocimientos y experiencias conmigo, me ayudaron y me forjaron en el camino de esta especialidad.

A la Universidad, mi casa de estudios. Gracias por abrirme siempre las puertas para poder continuar mi educación.

A Wendy, Rosaura e Isidro, por ser la familia que me ha recibido durante tantos años en su hogar y me han hecho parte de ella, como una integrante más.

A Cristina por la bendición de una amistad genuina, su amistad sincera y su apoyo incondicional. Gracias por estar.

Por último, agradezco **a mis pacientes**, a los de la especialidad por permitirme poner en práctica lo aprendido, pero sobretodo por la invaluable paciencia para desarrollar habilidades durante las clínicas. Y a mis pacientes del consultorio por esperarme durante este tiempo de actualización y por seguir depositando su confianza y recomendación en mi trabajo. Ustedes me inspiran a ser mejor.

A todas y cada una de las personas que hicieron posible obtener el grado como especialista en Endodoncia.

Con todo el cariño y gratitud.

Liliana Nava Ramos

ÍNDICE

Resumen	9
Abstract	11
Glosario	13
1. Introducción	14
2. Marco teórico	16
2.1 generalidades de la endodoncia	16
2.1.1 Definición de endodoncia	16
2.1.2 Objetivo de la endodoncia	16
2.1.3 Indicaciones para el tratamiento de conductos	16
2.1.4 Fases del tratamiento endodóntico	17
2.2 Importancia de la desinfección en el tratamiento de conductos	19
2.2.1 Eliminación de microorganismos	20
2.2.2 Retos anatómicos	22
2.3 Irrigación endodóntica	23
2.3.1 Propósito de la irrigación	24
2.3.2 Objetivos de la irrigación	25
2.3.3 Propiedades del riego ideal.	26
2.3.4 Sustancias irrigantes comunes.	26
2.3.5 Hipoclorito de sodio como irrigante principal	28
2.4 Protocolos de irrigación y riesgo de extrusión	35
2.4.1 Técnicas manuales.....	36
2.4.2 Técnicas automáticas.....	40
2.4.3 Diseño de las agujas de irrigación.....	48
2.4.4 Tamaño de las agujas de irrigación	49
2.4.5 Velocidad y volumen de irrigación	49
2.4.6 Distancia de la aguja al foramen apical.....	50
2.4.7 Nuevas tecnologías y dispositivos	50
2.5 Extrusión apical de irrigantes	53
2.5.1 Definición de extrusión apical	53

2.5.2 Causas de la extrusión.....	53
2.5.3 Presión ejercida por los instrumentos de irrigación	59
2.6 Consecuencias clínicas de la extrusión de hipoclorito de sodio	60
2.6.1 Complicaciones inmediatas de la extrusión de hipoclorito de sodio	61
2.6.2 Complicaciones a largo plazo de la extrusión de hipoclorito de sodio	61
2.6.3 Diagnóstico de la extrusión de hipoclorito de sodio	62
2.6.4 Manejo de la extrusión de hipoclorito de sodio	63
2.7 Medidas preventivas y recomendaciones clínicas	65
2.7.1 Técnicas para minimizar el riesgo de la extrusión de hipoclorito de sodio	65
2.7.2 Educación y entrenamiento clínico.....	67
2.8 Aspectos legales y éticos en la extrusión del irrigante	67
2.8.1 Responsabilidad profesional.....	67
2.8.2 Consentimiento informado	70
3. Planteamiento del problema.....	76
4. Pregunta de investigación.....	77
5. Justificación	78
6. Objetivos	79
6.1 objetivo general	79
6.2 Objetivos específicos	79
7. Hipótesis	80
7.1 hipótesis metodológica	80
7.2. Hipótesis nula	80
8. Metodología.....	81
8.1 Diseño de estudio	81
8.2 Selección de muestras	81
8.3 Preparación del conducto	81

8.4 Sistemas de activación del irrigante	83
8.5 Protocolo de irrigación final.....	85
8.6 Mecanismo de recuperación de fluidos	86
8.7 Evaluación de la extrusión.....	86
8.8 Análisis de los datos	87
8.9 Representación gráfica	88
8.10 Interpretación.....	88
9. Resultados	89
10. Discusión.....	94
11. Conclusiones	96
12. Perspectivas.....	97
13. Referencias	98

Índice de tablas

Tabla 1. Propiedades, ventajas y desventajas del hipoclorito de sodio.....	30
Tabla 2. Registro de volúmenes.	87
Tabla 3. Representación del volumen extruido (en μL) durante el proceso de activación rotatoria utilizando el sistema B, Finishing Files.....	89
Tabla 4. Extrusión apical con Finishing Files.	90
Tabla 5. Volumen Extruido (Media de las Muestras) con el sistema Finishing Files.....	90
Tabla 6. Representación del volumen extruido (en μL) durante el proceso de activación rotatoria utilizando el sistema A, Activación sónica con polímeros (EndoActivator).....	90
Tabla 7. Representación del volumen extruido (en μL) durante el proceso de activación rotatoria utilizando el sistema C, Activación dinámica manual.	91
Tabla 8. Representación del volumen extruido (en μL) durante el proceso de activación rotatoria utilizando el sistema D, Activación ultrasónica con punta de polímero.	92
Tabla 9. Comparación de los cuatro sistemas de activación en relación con la extrusión del Hipoclorito extruido apicalmente (μL).....	93

Índice de figuras

Figura 1. Reacción de saponificación.....	34
Figura 2. Reacción de neutralización.	34
Figura 3. Reacción de cloraminación.	34
Figura 4. Consentimiento informado para tratamientos de endodoncia sugerido por la Asociación Mexicana de Endodoncia (Tomado de: (AMECEE), 2023).	73
Figura 5. Biomodelos de órganos dentarios 11 seleccionados para el estudio.....	81
Figura 6. Biomodelo estandarizado a longitud de 25 mm.	82
Figura 7. Instrumentación de los conductos radiculares con el sistema Blue Shapper de Zarc.	82
Figura 8. Ampliación del conducto radicular con el instrumento Z6 Blue Shapper Zarc...	83
Figura 9. Punta de polímero 25/.04 del EndoActivator.	83
Figura 10. Punta Finishing Files.	84
Figura 11. Cono de gutapercha utilizado para la activación dinámica manual.....	84
Figura 12. Adaptador ultrasónico ED 70 con la punta de biopolímero E74.....	84
Figura 13. Agitación final del NaClO	85
Figura 14. Biomodelos introducidos en tubo de recolección.....	86

Resumen

Uno de los aspectos más importantes del tratamiento endodóntico es la fase de desinfección, siendo el hipoclorito de sodio (NaClO) la solución más utilizada por su potente acción antimicrobiana y su capacidad para disolver tejido orgánico. Sin embargo, su extrusión hacia los tejidos periapicales puede provocar reacciones adversas como dolor, inflamación y daño tisular. En la actualidad, existen diversos dispositivos y métodos que distribuyen el irrigante dentro del sistema de conductos, reduciendo la extrusión apical. Entre ellos se encuentran la activación manual dinámica, la activación sónica y ultrasónica, y los sistemas de presión apical negativa.

Objetivo: Identificar el sistema de activación que genera menor extrusión apical de NaClO, reduciendo los riesgos asociados al tratamiento endodóntico.

Materiales y métodos: Estudio experimental con un enfoque cuantitativo. Se incluyeron 15 biomodelos en 3D diseñados para práctica endodóntica, con conductos simulados anatómicamente a los dientes 11 (Incisivo central superior derecho) y sin material biológico, conformados con instrumentos rotatorios de níquel-titanio (BlueShaper de Zarc) a un tamaño apical 40. Cuatro métodos de activación con NaClO fueron utilizados: Sistema A: Activación sónica con polímeros (EndoActivator), Sistema B: Activación rotatoria con Finishing Files (20/.04), Sistema C: Activación dinámica manual y Sistema D: Activación ultrasónica con punta de biopolímero. Se utilizó NaClO al 5.25% (Cloralex) como irrigante, siguiendo las recomendaciones del fabricante. El tercio apical de los biomodelos se introdujo en microtubos Eppendorf de 200 uL, para actuar como viales de recuperación. Se cuantificó el volumen de irrigante extruido con micropipeta de volumen ajustable (5-50 uL, marca BEXCO). Se registró el volumen de NaClO extruido (uL) de las muestras de cada sistema y se calculó el promedio de volumen extruido de cada sistema y la desviación estándar para medir la variabilidad entre las muestras.

Resultados: Únicamente el grupo experimental correspondiente al sistema Finishing Files (20/.04) mostró volúmenes de extrusión, con un promedio de $5.2 \pm 6.3 \mu\text{L}$. Al analizar los resultados de este sistema, se encontró que, de los 15 dientes evaluados, 8 (53.33%) presentaron extrusión apical, mientras que el 46.66% restante no presentaron extrusión. Los sistemas EndoActivator (activación sónica con polímeros), activación dinámica manual y activación ultrasónica con punta de polímero no presentaron extrusión de irrigante en ninguna de las muestras evaluadas, con un volumen promedio de extrusión de 0 μL .

Conclusiones: Únicamente el grupo experimental correspondiente al sistema Finishing Files (20/.04) mostró volúmenes de extrusión. De igual manera, activar los instrumentos para la activación del irrigante a la longitud de trabajo podría aumentar el riesgo de que este se extruya más allá del ápice, lo cual representa un riesgo. Por otro lado, los sistemas que se activan 2-3 mm antes de la longitud de trabajo, se consideran menos riesgosos. En conclusión, la opción más segura y confiable para activar el irrigante con cualquiera de los sistemas es hacerlo a una distancia de 2-3 mm antes de alcanzar la longitud de trabajo.

Palabras clave: NaClO, extrusión apical, técnicas de activación, irrigación, conducto radicular.

Abstract

Introduction: One of the most important aspects of endodontic treatment is the disinfection phase, with sodium hypochlorite (NaClO) being the most widely used solution due to its powerful antimicrobial action and its ability to dissolve organic tissue. However, its extrusion into the periapical tissues can cause adverse reactions such as pain, inflammation, and tissue damage. Currently, there are various devices and methods that distribute the irrigant within the canal system, reducing apical extrusion. These include dynamic manual activation, sonic and ultrasonic activation, and apical negative pressure systems.

Objective: To identify the activation system that generates the least apical extrusion of NaClO, reducing the risks associated with endodontic treatment.

Materials and methods: Experimental study with a quantitative approach. Fifteen 3D biomodels designed for endodontic practice were included, with anatomically simulated canals in teeth 11 (Upper right central incisor) and without biological material, shaped with nickel-titanium rotary instruments (BlueShaper by Zarc) to an apical size of 40. Four methods of activation with NaClO were used: System A: Sonic activation with polymers (EndoActivator), System B: Rotary activation with Finishing Files (20/.04), System C: Manual dynamic activation, and System D: Ultrasonic activation with a biopolymer tip. 5.25% NaClO (Cloralex) was used as the irrigant, following the manufacturer's recommendations. The apical third of the biomodels was placed in 200 µL Eppendorf microtubes to act as recovery vials. The volume of extruded irrigant was quantified using an adjustable volume micropipette (5-50 µL, BEXCO brand). The volume of extruded NaClO (µL) from the samples of each system was recorded and the average extruded volume of each system and the standard deviation were calculated to measure the variability between samples. The measured results will be analyzed using the ANOVA and Tukey tests.

Results: Only the experimental group corresponding to the Finishing Files system (20/.04) showed extrusion volumes, with an average of 5.2 ± 6.3 µL. When analyzing the results of this system, it was found that, of the 15 teeth evaluated, 8 (53.33%) presented apical extrusion, while the remaining 46.66% did not present extrusion. The EndoActivator (sonic activation with polymers), manual dynamic activation, and ultrasonic activation with polymer tip systems did not show irrigant extrusion in any of the samples evaluated, with an average extrusion volume of 0 µL.

Conclusions: Only the experimental group corresponding to the Finishing Files system (20/.04) showed extrusion volumes. Similarly, activating the instruments at working length could increase the risk of the irrigant extruding beyond the apex, which represents a risk. On the other hand, systems that activate 2-3 mm before the working length are considered less risky. In conclusion, the safest and most reliable option for activating the irrigant is to do so at a distance of 2-3 mm before reaching the working length.

Keywords: NaClO, apical extrusion, activation techniques, irrigation, radicular conduct.

Glosario

- **Biopelícula:** Agregado de bacterias unidas por una matriz de carbohidratos que se adhiere a una superficie y a una interfaz entre la solución.
- **Conducto radicular:** Pasaje o canal en la raíz del diente que se extiende desde la cámara pulpar hasta el foramen apical; puede ser estrecho, tener ramas laterales y/o presentar morfología irregular.
- **Edema:** Hinchazón de los tejidos blandos debido a una acumulación de líquidos en el compartimiento intersticial.
- **Extrusión:** Movimiento de un diente en dirección incisal u oclusal; puede ser intencional, fisiológico o traumático; también extensión de materiales de obturación más allá del foramen apical.
- **Extrusión apical:** Expulsión de materiales biológicos, irrigantes o materiales de obturación del conducto radicular hacia los tejidos periapicales durante el tratamiento endodóntico.
- **Foramen:** Abertura o pasaje natural, especialmente dentro o a través de un hueso; también describe las aberturas en la estructura radicular que se comunican con la pulpa dental y generalmente contienen elementos neurales, vasculares y conectivos.
- **Hematoma:** Acumulación localizada de sangre extravasada, generalmente coagulada, que se forma en un tejido, órgano o espacio.
- **Parestesia:** Sensación de ardor, hormigueo o entumecimiento parcial causada por una lesión neural.
- **Reabsorción:** Condición asociada con un proceso fisiológico o patológico que resulta en una pérdida de dentina, cemento y/o hueso.

1. Introducción

La endodoncia es la rama de la odontología que se encarga del tratamiento y la preservación de los dientes afectados por infecciones o lesiones profundas. El proceso implica la remoción del tejido pulpar dañado, la limpieza y conformación de los conductos radiculares, la desinfección mediante irrigantes químicos y la posterior obturación tridimensional del sistema de conductos para lograr un sellado hermético y permanente (Kumar et al., 2021; Marvaniya et al., 2022; Yuan et al., 2016) el cual permita la curación de los tejidos periapicales y evite recidivas infecciosas (Li et al., 2020).

Uno de los aspectos más importantes del tratamiento endodóntico es la fase de desinfección, que busca eliminar los microorganismos presentes en el sistema de conductos radiculares, empleando diversas soluciones irrigantes (Berman & Hargreaves, 2022; Boutsoukis & Arias-Moliz, 2022). El hipoclorito de sodio (NaClO) es el agente irrigante más utilizado por su potente acción antimicrobiana y su capacidad para disolver tejido orgánico (Boutsoukis & Arias-Moliz, 2022; Chubb, 2019; Estrela et al., 2002; Haapasalo et al., 2010; Haapasalo et al., 2014; Li et al., 2020; Mohammadi, 2008; Parirokh et al., 2012; Rodriguez-Figueroa et al., 2014). Sin embargo, su extrusión hacia los tejidos periapicales puede provocar reacciones adversas como dolor, inflamación y daño tisular (Parkar et al., 2024). Los factores que influyen para la extrusión del irrigante son la técnica de irrigación, el dispositivo utilizado, la presión aplicada, la anatomía del diente y la longitud de la aguja (Souza et al., 2021).

En la actualidad, existen diversos dispositivos y métodos que distribuyen el irrigante dentro del sistema de conductos, reduciendo la extrusión apical (Haapasalo et al., 2014; Mitchell et al., 2011). Entre ellos se encuentran la activación manual dinámica, la activación sónica y ultrasónica, y los sistemas de presión apical negativa. Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos y de las recomendaciones basadas en la evidencia, es necesario llevar a cabo estudios que evalúen y comparen los resultados obtenidos con cada método y dispositivo.

En este contexto, la presente investigación se enfoca en la comparación de la extrusión apical del irrigante utilizando cuatro dispositivos de activación distintos. El objetivo

principal es identificar cuál metodología genera la menor extrusión apical, reduciendo los riesgos asociados al tratamiento endodóntico. Los resultados de este estudio permitirán a los clínicos seleccionar el dispositivo de activación más adecuado para cada caso.

2. Marco teórico

2.1 Generalidades de la endodoncia

2.1.1 Definición de endodoncia

La endodoncia, según la Asociación Americana de Endodoncia, es la rama de la odontología que se especializa en el estudio de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental y tejidos perirradiculares, con el propósito de prevenir y tratar enfermedades en estos tejidos para conservar los dientes (Berman & Hargreaves, 2022).

El tratamiento de conductos en dientes permanentes implica el uso de productos químicos y agentes biológicamente aceptables para la desinfección y conservación de los tejidos dentales, garantizando así la salud y funcionalidad del diente tratado.

2.1.2 Objetivo de la endodoncia

El objetivo del tratamiento de conductos es restaurar la forma y función del diente mediante la eliminación de biopelículas bacterianas, restos de pulpa y microorganismos del sistema de conductos radiculares, preparando el conducto radicular para posteriormente obturar tridimensionalmente con materiales inertes y evitar filtraciones (Kumar et al., 2021; Marvaniya et al., 2022; Reddy et al., 2021; Yuan et al., 2016).

Este procedimiento busca mantener o promover la cicatrización y reparación del tejido periapical, aliviando signos y síntomas clínicos adversos presentes, previniendo futuras complicaciones, y asegurando un adecuado desbridamiento y conformación del sistema de conductos radiculares (Li et al., 2020).

2.1.3 Indicaciones para el tratamiento de conductos

El tratamiento de conductos no quirúrgico en dientes permanentes está indicado en casos de:

- Pulpitis irreversible sintomática o asintomática.
- Pulpa necrótica, con o sin evidencia de enfermedad perirradicular.

- Dientes con pulpa comprometida debido a procedimientos dentales, como la eliminación de caries extensas, preparación de pilares para sobre dentaduras, dientes mal posicionados o con necesidad de resección radicular.
- Razón restaurativa, cuando se requiere la colocación de un muñón y, posiblemente, un poste para la retención de una restauración fija.
- Dientes fisurados o fracturados con afectación pulpar.
- Hipersensibilidad térmica severa, que interfiere significativamente con la función normal y no ha respondido a otros métodos de tratamiento.

El diagnóstico adecuado optimiza la eficacia del tratamiento (Berman & Hargreaves, 2022; Li et al., 2020) asegurando que la terapia endodóntica se realice en los casos apropiados, optimizando la salud y funcionalidad del diente tratado.

2.1.4 Fases del tratamiento endodóntico

Para alcanzar el éxito terapéutico durante el tratamiento endodóntico, es fundamental seguir una secuencia estructurada de pasos clínicos que garanticen la eliminación completa del tejido pulpar afectado, la desinfección del sistema de conductos radiculares y su posterior obturación hermética.

Fase I: Acceso.

El acceso al sistema de conductos radiculares es la primera fase del tratamiento endodóntico. Su objetivo principal es eliminar cualquier caries presente, conservar la mayor cantidad posible de estructura dental sana y eliminar completamente el techo de la cámara pulpar. Además, se busca eliminar todo el tejido pulpar coronal, independientemente de si está vital o necrótico, localizar los orificios de los conductos radiculares y obtener un acceso rectilíneo hasta el foramen apical o la primera curvatura del conducto (Berman & Hargreaves, 2022).

Una cavidad de acceso correctamente preparada proporciona una vía lisa y rectilínea al sistema de conductos radiculares, lo que facilita su limpieza y desinfección. Esto mejora la eliminación de residuos, reduce el riesgo de separación de instrumentos y optimiza la entrada al conducto, asegurando una mejor calidad del tratamiento (Berman & Hargreaves, 2022).

Fase II: Limpieza y conformación de los conductos radiculares.

La instrumentación mecánica es el principal método utilizado para interrumpir el crecimiento y reducir el tamaño del biofilm bacteriano en el conducto radicular (Usta et al., 2023). Su

finalidad es eliminar de manera efectiva los patógenos y desechos intracanales para tratar o prevenir la periodontitis apical (Htun et al., 2020) y otras enfermedades pulpares (Yuan et al., 2016), contribuyendo así a resultados endodónticos favorables (Li et al., 2020).

El proceso de instrumentación tiene como objetivo agrandar el sistema de conductos radiculares para eliminar restos de tejido pulpar, bacterias y otros contaminantes. También facilita la irrigación y la posterior obturación (Parirokh et al., 2012). Sin embargo, se debe preservar la integridad de las estructuras radiculares para evitar debilitamientos o perforaciones que podrían comprometer el éxito del tratamiento (Berman & Hargreaves, 2022).

Durante la preparación del conducto radicular, es fundamental evitar errores como deformaciones o perforaciones, ya que podrían impedir la correcta desinfección de ciertas áreas del sistema de conductos (Berman & Hargreaves, 2022). Además, se recomienda mantener la anatomía del conducto y la posición del foramen apical para evitar debilitamientos innecesarios (Kumar et al., 2021). Aunque no hay consenso sobre el grosor mínimo ideal de las paredes radiculares, algunos estudios sugieren que 0.3 mm es un valor crítico por considerar (Berman & Hargreaves, 2022).

La preparación ideal del conducto debe mantener una conicidad continua que respete la forma y curvatura original del conducto radicular. Sin embargo, el tamaño final de la preparación apical sigue siendo un tema de debate (Berman & Hargreaves, 2022). A pesar del uso de diversas técnicas y agentes antibacterianos, la instrumentación mecánica por sí sola no logra eliminar por completo la carga bacteriana debido a la compleja anatomía del sistema de conductos radiculares (Usta et al., 2023). Esto dificulta la eliminación efectiva de residuos (Iriboz et al., 2015), lo que resalta la importancia de un protocolo de irrigación adecuado.

Fase III: Desinfección del sistema de conductos radiculares.

La irrigación con agentes desinfectantes es un proceso fundamental en el tratamiento endodóntico y se define como el lavado de una cavidad corporal o una herida con agua o una solución medicada. Mientras que un desinfectante es un agente que destruye o inhibe la actividad de microorganismos patógenos.

La eficacia de la irrigación depende de diversos factores, en términos mecánicos, su éxito está determinado por la capacidad de generar un flujo óptimo en todo el sistema de conductos. La eficiencia química varía según la concentración del irrigante antimicrobiano, la superficie de contacto y el tiempo de exposición al material infectado. Finalmente, la función biológica de los irrigantes radica en su efecto antimicrobiano y su capacidad de reducir o eliminar bacterias dentro del conducto radicular (Berman & Hargreaves, 2022).

Fase IV: Obturación del sistema de conductos radiculares

La obturación del conducto radicular es un reflejo de la calidad de la limpieza y preparación previas. Su éxito se evalúa con base en la longitud, conicidad, densidad y sellado coronal de los materiales de relleno (Berman & Hargreaves, 2022).

Si bien ninguna técnica o material garantiza una obturación completamente hermética debido a la porosidad de la dentina y las irregularidades del sistema de conductos. Su objetivo principal es minimizar la filtración coronal y prevenir la contaminación bacteriana. Además, la obturación sella el ápice para evitar la entrada de fluidos del tejido periapical y encierra cualquier irritante residual dentro del conducto. Se ha demostrado que la filtración coronal es un factor que puede contribuir al fracaso del tratamiento endodóntico (Berman & Hargreaves, 2022).

Para lograr una curación a largo plazo, la obturación tridimensional (apical, coronal y lateral) es esencial. Sin embargo, todas las técnicas y materiales disponibles presentan cierto grado de filtración, lo que hace que la selección del método de obturación sea un aspecto clave en la planificación del tratamiento (Berman & Hargreaves, 2022).

2.2 Importancia de la desinfección en el tratamiento de conductos

La irrigación es el principal medio de limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares. Su eficacia radica en su capacidad para eliminar microorganismos,

disolver tejido necrótico y remover residuos generados durante la instrumentación. Sin embargo, el principal desafío para los irrigantes radica en la compleja organización de las bacterias dentro de biopelículas bacterianas, representando una amenaza debido a su capacidad de adherencia y resistencia (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022; Chubb, 2019) asociado a la localización bacteriana en las estructuras anatómicas del conducto radicular, lo que dificulta su erradicación (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022), al crear barreras físicas que limitan la acción de los desinfectantes.

La instrumentación mecánica cumple un papel esencial en el tratamiento endodóntico al permitir el acceso del irrigante a la anatomía apical. Sin embargo, es la irrigación la que desempeña la función más crítica en la limpieza y desinfección del conducto apical, ya que su acción química es la encargada de eliminar los patógenos presentes en el sistema de conductos (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022).

2.2.1 Eliminación de microorganismos

Las infecciones del conducto radicular son causadas principalmente por biopelículas microbianas multi específicas adheridas a las superficies dentinarias (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022). Estas biopelículas se encuentran en un entorno hipóxico, lo que favorece la proliferación de microorganismos anaerobios, predominantemente de las especies: *Bacteroides*, *Prophyromonas*, *Prevotella*, *Fusobacteria*, *Treponema*, *Peptostreptococos*, *Eubacteria* y *Camphylobacter* (Neelakantan et al., 2017), estableciendo un desafío adicional para los irrigantes (Chubb, 2019).

Una biopelícula madura está compuesta por múltiples capas de microorganismos inmersos en una matriz de sustancia polimérica extracelular (EPS), la cual les proporciona protección contra los agentes antimicrobianos. Esta barrera física limita la difusión de los desinfectantes y neutraliza su acción, lo que dificulta la eliminación efectiva de las bacterias (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022).

Además, las bacterias gramnegativas presentes en la biopelícula contienen endotoxinas en forma de lipopolisacáridos (LPS) en sus paredes celulares como componentes esenciales de su membrana externa. Los LPS se componen de Lípido A, Oligosacárido Central y Antígeno O. Estas endotoxinas pueden desencadenar respuesta

inmunitaria que provoca inflamación en los tejidos periapicales (Chubb, 2019), la organización en múltiples capas dentro de la biopelícula genera gradientes de oxígeno y nutrientes que obliga a las bacterias de las capas internas a entrar en estados metabólicos de crecimiento lento o latente. Estas células latentes son menos susceptibles a los antimicrobianos, lo que contribuye a la persistencia de la infección (Boutsoukis & Arias-Moliz, 2022).

En respuesta a estas condiciones de estrés, algunas bacterias pueden diferenciarse a variantes fenotípicas persistentes, que desarrollan resistencia a múltiples fármacos. Estas células pueden permanecer en estado estacionario hasta que las condiciones sean favorables, momento en el cual proliferan nuevamente y forman una nueva población con susceptibilidad normal a los antimicrobianos (Boutsoukis & Arias-Moliz, 2022).

Las bacterias se alojan dentro de las biopelículas, con presencia también en el barrillo dentinario y dentro de los túbulos dentinarios. El barrillo dentinario es una capa de material orgánico e inorgánico que se produce en el conducto radicular durante la instrumentación, también puede contener bacterias y sus subproductos (Violich & Chandler, 2010).

Algunos componentes orgánicos del barrillo dentinario pueden servir como sustrato bacteriano, proporcionando un entorno favorable para su crecimiento. Además, puede ofrecer protección a las biopelículas, dificultando su eliminación y comprometiendo la acción de los selladores al interferir con su adaptación a las paredes de la dentina. Esto puede provocar microfiltración y afectar la calidad del sellado endodóntico (Chubb, 2019).

La eliminación del barrillo dentinario es crucial para una adecuada desinfección y obturación del conducto. Aunque su remoción suele lograrse utilizando los irrigantes adecuados, en la porción apical del conducto pueden acumularse residuos de la instrumentación. Esto no solo dificulta la limpieza, sino que también puede favorecer la extrusión de bacterias hacia los tejidos periapicales. Sin embargo, el uso y aplicación adecuada de irrigantes puede prevenir estos efectos adversos y optimizar el éxito del tratamiento endodóntico (Chubb, 2019).

2.2.2 Retos anatómicos

Otra situación que complica el proceso de desinfección durante el tratamiento endodóntico es que, además del conducto radicular principal, la biopelícula también puede residir en aletas que se extienden lateralmente desde el conducto principal, istmos que conectan conductos radiculares adyacentes en la misma raíz, conductos accesorios y ramificaciones apicales. Los residuos de dentina producidos durante la instrumentación también pueden acumularse en estas áreas (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022) y actúan como aislamiento protector para la biopelícula subyacente.

Para el éxito del tratamiento es fundamental la eliminación de restos de tejido pulpar vital, microorganismos y toxinas microbianas de los conductos radiculares (Mozo et al., 2012). Debido a esta razón, los microorganismos que evaden la acción de los instrumentos y los irrigantes se consideran actualmente la principal causa de falla después del tratamiento primario y no quirúrgico (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022).

La complejidad de la anatomía de los conductos radiculares y del sistema pulpar hacen que el tratamiento de endodoncia sea un desafío (Marvaniya et al., 2022). Aunado a esto, no existen reportes en la literatura que demuestren que la instrumentación mecánica por sí sola dé como resultado un sistema de conductos radiculares libre de bacterias (Mohammadi, 2008).

El biofilm puede ser removido o eliminado a través de los siguientes métodos: remoción mecánica por instrumentos (efectivo solo en algunas áreas del conducto radicular) disolución por hipoclorito; y desprendimiento por energía ultrasónica (Haapasalo et al., 2010).

La anatomía del sistema de conductos radiculares crea una serie de obstáculos físicos para los irrigantes. El conducto radicular principal y la mayoría de las complejidades anatómicas, incluidos los túbulos dentinarios, son cavidades cerradas, por lo que la penetración del irrigante es inherentemente difícil. Cabe señalar que el atrapamiento de burbujas de aire cerca del extremo distal de estas cavidades (bloqueo de vapor) es probablemente el resultado y no la causa de la mala penetración del irrigante (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022).

Además, el flujo de irrigante a granel, el mecanismo de transporte más eficiente y un medio importante de interrupción mecánica y eliminación de biopelícula, se limita principalmente al conducto radicular principal y a las amplias áreas adyacentes debido a las limitaciones impuestas por el espacio disponible y la viscosidad del irrigante. Evidentemente, incluso el irrigante más potente no será efectivo si no puede alcanzar sus objetivos dentro del sistema de conductos radiculares en cantidad suficiente. La mayoría de los irrigantes que se utilizan actualmente son soluciones químicamente activas, y su reacción directa con la biopelícula se considera la base de su efecto antimicrobiano (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022).

Además, las bacterias invaden los túbulos dentinarios permeables, que se encuentran principalmente en el tercio medio y coronal de los conductos radiculares, a distintas profundidades. Los microorganismos que evaden la acción de los instrumentos y los irrigantes se consideran actualmente la principal causa de fracaso del tratamiento. Por lo tanto, deben alcanzar la mayor parte posible del sistema de conductos radiculares para ejercer sus acciones deseadas, pero sin entrar en contacto con los tejidos periapicales, al menos no en gran volumen (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022).

2.3 Irrigación endodóntica

La irrigación es fundamental para alcanzar el éxito del tratamiento del conducto radicular, ya que contribuye significativamente a la limpieza y desinfección del sistema de conductos (Haapasalo et al., 2014). En este sentido y según el *Glosario de Términos Endodónticos* de la Asociación Americana de Endodoncia, la irrigación se define como el lavado por medio de una corriente de líquido (Endodontists, 2020). En el contexto endodóntico, su función es facilitar la eliminación de residuos intracanal y permitir la acción de agentes químicos con propiedades antimicrobianas, desmineralizantes, disolventes de tejido, blanqueadoras, desodorizantes y hemostáticas.

Dentro de los procedimientos destinados al control de infecciones en endodoncia, la irrigación es considerada el principal método de limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022), su papel resulta clave para la

eliminación de microorganismos, evitando la persistencia de infecciones y contribuyendo al éxito del tratamiento endodóntico (Siqueira et al., 2002).

Además, la irrigación es el único método capaz de alcanzar y desinfectar aquellas zonas del conducto radicular que no han sido tocadas por la instrumentación mecánica, lo que la convierte en un elemento esencial dentro del protocolo endodóntico (Haapasalo et al., 2014).

2.3.1 Propósito de la irrigación

El propósito principal de la irrigación en el tratamiento del conducto radicular es la eliminación del tejido pulpar, la erradicación de microorganismos y la remoción de residuos orgánicos, incluyendo la capa de frotis formada tras la instrumentación mecánica del conducto (Iriboz et al., 2015).

La irrigación química es de suma importancia en la desinfección del sistema de conductos radiculares (Li et al., 2020), dado que permite una limpieza más profunda de lo que se podría lograr únicamente con la instrumentación mecánica (Gu et al., 2009). La irrigación química es el único método capaz de alcanzar áreas del conducto radicular que no son accesibles a los instrumentos mecánicos, como aletas, istmos, canales laterales, así como conductos de morfología ovalada o plana que pueden permanecer sin alterar a pesar de una instrumentación cuidadosa (Al-Jadaa et al., 2023; Haapasalo et al., 2014).

Además, la presencia de la capa de frotis y residuos puede interferir con el éxito del tratamiento endodóntico, por lo que su eliminación completa es esencial para garantizar el contacto directo del irrigante con los túbulos dentinarios y maximizar su efecto desinfectante (Rodríguez-Figueroa et al., 2014).

Al respecto, cabe señalar que hay estudios que han demostrado que al menos el 35% del sistema de conductos radiculares no es tocado por los instrumentos endodónticos, lo que resalta la importancia del desbridamiento químico y la irrigación para lograr una desinfección efectiva del conducto radicular (Mitchell et al., 2010). Sin embargo, a pesar de que los clínicos amplían el espacio del conducto para mejorar la distribución de los

irrigantes, estos no siempre alcanzan de manera efectiva todas las áreas del sistema, especialmente en el tercio apical (Iriboz et al., 2015; Mitchell et al., 2010).

El uso de soluciones antibacterianas durante la irrigación reduce significativamente la carga bacteriana dentro del conducto radicular (Al-Jadaa et al., 2023). Por ello, la irrigación debe aplicarse de manera continua durante toda la fase de instrumentación para garantizar un efecto desinfectante óptimo (Haapasalo et al., 2010).

2.3.2 Objetivos de la irrigación

La irrigación se considera a menudo como la parte más importante del tratamiento de endodoncia, en particular para la erradicación de microbios del conducto radicular (Haapasalo et al., 2014).

La instrumentación desbrida el canal, eliminando los microorganismos y el tejido infectado, lo que permite el depósito y la difusión de irrigantes y medicamentos (Chubb, 2019). A lo largo de la instrumentación, la irrigación facilita la eliminación de partículas del conducto radicular (Chubb, 2019), removiendo residuos y desechos del conducto radicular a través de una acción de lavado, durante y después de la instrumentación cumple varias funciones mecánicas, químicas y microbiológicas como: lubricar el conducto para facilitar la instrumentación, reducir la fricción entre el instrumento y la dentina, mejorar la eficacia de corte de las limas, facilitar la destrucción y eliminación de microorganismos, tejido necrótico e inflamado y restos de dentina, dependiendo el irrigante utilizado (Haapasalo et al., 2014).

Además, el proceso de irrigación ayuda a evitar el empaquetamiento de tejido duro y blando en el conducto radicular generado por la instrumentación; así como la extrusión de bacterias planctónicas y de biopelícula hacia los tejidos periapicales (Haapasalo et al., 2014).

Las soluciones de irrigación más importantes tienen actividad de disolución de tejido ya sea orgánico o inorgánico, mediante procesos químicos de óxido-reducción y desnaturalización de proteínas (Gomes et al., 2023). Varias soluciones tienen actividad antimicrobiana y matan activamente bacterias y levaduras en contacto directo con ellas,

además de que eliminan o rompen las biopelículas bacterianas adheridas a las paredes del conducto.

Sin embargo, algunos irrigantes muestran diversos grados de citotoxicidad y el hipoclorito de sodio puede causar dolor intenso, inmediato y duradero si se administra bajo presión y luego se escapa por el foramen apical. Es necesario el uso de una combinación de soluciones en una secuencia específica para contribuir al máximo al éxito del tratamiento del conducto radicular (Haapasalo et al., 2014).

2.3.3 Propiedades del riego ideal.

Las características ideales de una solución de irrigación en el tratamiento de conductos radiculares son:

- Bajo costo.
- Acción de lavado.
- Reducción de la fricción.
- Mejora del corte de dentina por los instrumentos.
- Disolución de materia orgánica e inorgánica.
- Buena penetración dentro del sistema de conductos radiculares.
- No reacciona con consecuencias negativas con otros materiales dentales (Haapasalo et al., 2014).
- Fuerte acción antimicrobiana frente a un amplio espectro de microorganismos, tanto planctónicos como organizados en biopelículas.
- Interrupción o eliminación de la biopelícula.
- Eliminación de restos de tejido duro acumulados y la capa de barrillo dentinario o prevención de su formación.
- Ausencia de efectos adversos, tanto locales (sobre la dentina y los tejidos periapicales) como sistémicos (toxicidad, reacciones alérgicas) (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022).
- No irrita ni daña el tejido periapical vital (Haapasalo et al., 2010).

2.3.4 Sustancias irrigantes comunes.

Los irrigantes funcionan como lubricantes y limpiadores eliminando microorganismos, productos asociados a la degeneración tisular y restos orgánicos e inorgánicos, garantizando la eliminación de la dentina contaminada y la permeabilidad del conducto durante el tratamiento biomecánico. Para lograr su efectividad tienen que entrar en contacto directo con las paredes del canal, especialmente en la porción más apical (Mozo et al., 2012).

Actualmente ningún irrigante cumple con todas las características ideales (Chubb, 2019; Haapasalo et al., 2014; Mozo et al., 2012), inclusive cuando se usan con un pH más bajo, una temperatura más alta o se agregan tensioactivos para aumentar su actividad humectante (Mozo et al., 2012).

Hoy en día varios agentes químicos se utilizan como irrigantes para desinfectar los conductos radiculares destacando el hipoclorito de Sodio (NaClO), la Clorhexidina (CHX) y el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) (Mozo et al., 2012).

El irrigante más utilizado es el **hipoclorito de sodio (NaClO)**. Esta solución tiene la capacidad de disolver tejido orgánico y una potente actividad antimicrobiana, que afecta a varios componentes celulares como la membrana celular, proteínas, lípidos y material genético (ADN/ARN). Además, puede neutralizar los LPS. Las debilidades del NaClO incluyen la toxicidad y la incapacidad para eliminar los componentes inorgánicos de la capa de barrillo (Chubb, 2019).

Los agentes desmineralizantes o quelantes, como el **ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y el ácido cítrico (CA)**, constituyen el otro gran grupo de irrigantes endodónticos. Tiene la capacidad de disolución efectiva de material inorgánico, pero son autolimitantes, ya que su efecto se anula cuando se unen completamente al calcio (Chubb, 2019).

El **EDTA** no afecta el tejido orgánico, es biocompatible y tiene un efecto antibacteriano limitado, debido a la quelación de los cationes metálicos de la membrana externa de las bacterias. Este efecto depende del tiempo de aplicación, la concentración del irrigante y el pH. Por otro lado, el EDTA mejora el efecto antibacteriano de los agentes

desinfectantes en las capas más profundas de la dentina, probablemente debido a su capacidad para aumentar la permeabilidad de la dentina (Chubb, 2019).

La **clorhexidina (CHX)** es un antiséptico catiónico de bisbiguanida con actividad antibacteriana de amplio espectro, que, además, afecta a las levaduras. La carga catiónica de la CHX permite la unión electrostática a la superficie cargada negativamente de las bacterias, dañando las capas externas de la pared celular y haciéndola permeable. Dependiendo de la concentración, los efectos pueden ser bacteriostáticos o bactericidas. La CHX es eficaz contra las cepas bacterianas presentes en los conductos radiculares infectados, se retiene en la dentina y tiene actividad antimicrobiana hasta por 12 semanas. Sin embargo, carece de capacidad de disolución de tejidos y es menos efectivo en bacterias gramnegativas. Puede usarse como riego complementario después de NaClO y EDTA (Chubb, 2019).

La combinación **MTAD** consiste en una mezcla de tetraciclina (doxiciclina), ácido (ácido cítrico) y detergente. Elimina el barrillo dentinario sin cambiar significativamente la estructura de los túbulos dentinarios, pero no disuelve el tejido orgánico (Chubb, 2019).

Otros irrigantes que se han utilizado en endodoncia incluyen agua estéril, solución salina fisiológica, peróxido de hidrógeno, peróxido de urea y compuestos de yodo. Ninguno disuelve los tejidos y todos, excepto el yodo, carecen de actividad antibacteriana (Chubb, 2019).

Se han reportado interacciones adversas entre las soluciones de irrigación. CHX y NaClO no son solubles entre sí y, cuando se mezclan forman la paracloroanilina (PCA), un precipitado difícil de remover de color marrón anaranjado que puede bloquear los conductos radiculares, alterar el color del órgano dentario y se cree que tiene potencial mutagénico. Además, se ha demostrado que el PCA es tóxico en humanos, con una exposición a corto plazo que produce cianosis (Chubb, 2019).

2.3.5 Hipoclorito de sodio como irrigante principal

La Asociación Americana de Endodoncia describe el NaClO como un líquido transparente, pálido, de color amarillo verdoso, fuertemente alcalino con un fuerte olor a cloro; que actúa como solvente sobre el tejido orgánico y es un potente agente

antimicrobiano, usado para irrigar los conductos radiculares, ya sea en soluciones puras o diluidas. El NaClO es una base fuerte con un $\text{pH} > 11$ (Mohammadi, 2008).

El NaClO es la principal solución de irrigación utilizada actualmente debido a su eficacia para disolver la materia orgánica en el canal, eliminar los microbios y su bajo costo (Boutsoukis & Arias-Moliz, 2022; Estrela et al., 2002; Haapasalo et al., 2010; Haapasalo et al., 2014; Li et al., 2020; Mohammadi, 2008; Parirokh et al., 2012; Rodriguez-Figueroa et al., 2014; Tonini et al., 2022). Es un agente no selectivo altamente destructivo oxidante que reacciona fácilmente con todas las biomoléculas, dándole la capacidad de disolver tejido orgánico (Chubb, 2019; Mohammadi, 2008).

Tiene un amplio rango de actividad contra bacterias Gram positivas y Gram negativas por lo que es el agente antifúngico más fuerte entre las irrigaciones y medicamentos del conducto radicular (Mohammadi, 2008) ya que puede matar rápidamente las bacterias vegetativas, las bacterias formadoras de esporas, los hongos, los protozoos, los virus y las esporas bacterianas (Siqueira et al., 2002), además de ser fácilmente disponible y tener una buena conservación de vida (Mohammadi, 2008), por lo cual debe utilizarse durante toda la fase de instrumentación (Haapasalo et al., 2010), y durante uno o dos minutos después de completar la instrumentación (Haapasalo et al., 2014).

2.3.5.1 Historia del Hipoclorito de Sodio

El NaClO fue utilizado inicialmente como agente blanqueador (Mohammadi, 2008). Posteriormente, el químico francés Antoine Labarraque recomendó su uso para la prevención de la fiebre puerperal y otras enfermedades infecciosas, debido a sus propiedades desinfectantes (Mohammadi, 2008).

A finales del siglo XIX, con base en estudios de laboratorio realizados por Robert Koch y Louis Pasteur, el NaClO obtuvo una amplia aceptación como desinfectante eficaz (Mohammadi, 2008). Su capacidad antimicrobiana lo convirtió en una herramienta esencial para la desinfección en distintos ámbitos médicos y científicos.

Durante la Primera Guerra Mundial, el químico Henry Drysdale Dakin y el cirujano Alexis Carrel promovieron el uso de una solución tamponada de NaClO al 0.5% para la

irrigación de heridas infectadas (Mohammadi, 2008; Siqueira et al., 2002). Esta recomendación se basó en los estudios detallados de Dakin sobre la efectividad de diferentes soluciones en la eliminación de tejido necrótico infectado (Mohammadi, 2008).

El NaClO posee, tanto un amplio espectro antimicrobiano, como la función esporicida, viricida y presenta una mayor capacidad de disolución en tejidos necróticos que en tejidos vitales (Mohammadi, 2008). Debido a estas propiedades, Coolidge recomendó en 1919 el uso de NaClO acuoso como el principal irrigante en endodoncia (Mohammadi, 2008; Siqueira et al., 2002).

En 1936, Walker introdujo una versión más concentrada de esta solución, denominada "soda clorada de doble potencia" (5% NaClO), estableciendo así su uso como irrigante del conducto radicular (Siqueira et al., 2002).

2.3.5.2 Propiedades

Para un mejor entendimiento de las características del NaClO en endodoncia, se recomienda revisar la Tabla 1, donde se detallan sus beneficios y limitaciones en el tratamiento del conducto radicular.

Tabla 1. Propiedades, ventajas y desventajas del hipoclorito de sodio.

Propiedades	Ventajas	Desventajas
Económico y accesible	Se obtiene fácilmente y tiene buena vida útil.	-
Agente lubricante	Actúa como lubricante durante los procedimientos.	-
Efecto blanqueador	Efecto blanqueador sobre la sangre y la dentina manchada de sangre.	-
Actividad antibacteriana	Actividad antibacteriana de amplio espectro. Concentraciones más altas y soluciones tibias aumentan su capacidad para penetrar los túbulos dentinarios.	-
Acción disolvente de tejidos	Capaz de disolver tejidos orgánicos.	-
Alteración de biopelículas	Es el único irrigante con la capacidad de alterar las biopelículas.	-
Inactivación de endotoxinas	Tiene la capacidad de inactivar endotoxinas (lipopolisacárido LPS), un componente de la membrana externa	-

	de bacterias Gram -, importante en la patogénesis de la periodontitis apical.	
Desinfección de puntas de gutapercha	Puede matar formas vegetativas de bacterias en poco tiempo, aunque no elimina algunas esporas.	-
Olor y sabor	-	Olor y sabor desagradables (Gomes et al., 2023; Haapasalo et al., 2010).
Corrosividad	-	Extremadamente corrosivo para los metales (Gomes et al., 2023; Tonini et al., 2022).
Estabilidad	-	Es inestable en solución y se consume rápidamente, por lo que requiere reposición continua (Gomes et al., 2023).
Toxicidad	-	Altamente tóxico (Chubb, 2019; Haapasalo et al., 2010; Tonini et al., 2022). Es irritante potencial de los tejidos periapicales si se extruye más allá del ápice. En contacto con tejidos vitales, oxida rápidamente los tejidos circundantes, provocando hemólisis y ulceración, causadas por la inhibición de la migración de neutrófilos y el daño a las células endoteliales y fibroblásticas (Gomes et al., 2023).
Eliminación de la capa de barrillo	-	Incapacidad para eliminar la capa de barrillo (Chubb, 2019; Tonini et al., 2022), se recomienda combinarlo con EDTA (Gomes et al., 2023).
Adhesión a la dentina	-	La eliminación de las fibrillas de colágeno por parte del NaClO puede impedir la formación de una capa híbrida consistente, reduciendo la fuerza de unión entre los sistemas adhesivos y la dentina (Gomes et al., 2023).
Propiedades mecánicas de la dentina	-	Reduce propiedades mecánicas de la dentina, como su módulo de elasticidad, resistencia a la flexión y micro dureza. El NaClO oxida la matriz orgánica y desnaturaliza los componentes de colágeno, lo que puede provocar fracturas en dientes tratados endodónticamente (Gomes et al., 2023; Haapasalo et al., 2010).
Endodoncia regenerativa	-	Interfiere con la unión de las células madre a la dentina y anula la capacidad de los factores de crecimiento basados en la dentina para mediar eficazmente en la regeneración de la pulpa dentinaria (Gomes et al., 2023).

Reacciones alérgicas	-	En casos raros, puede causar reacciones alérgicas (Mohammadi, 2008).
-----------------------------	---	--

Nota: Tabla de elaboración propia.

2.3.5.3 Concentración óptima del hipoclorito de sodio en endodoncia

Existen diversos estudios in vitro que han demostrado que la efectividad bactericida del NaClO está directamente relacionada con su concentración y el tiempo de exposición sin embargo, actualmente, no existe un consenso definitivo sobre la concentración óptima y el tiempo de exposición de NaClO para su uso en irrigación endodóntica.

Existen valores recomendados que varían entre 0.5% y 8.25% (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022). Investigaciones in vivo han señalado que una solución de NaClO al 0.5% puede ser tan eficaz como una al 5% en la eliminación de microorganismos dentro del sistema de conductos radiculares (Chubb, 2019).

Por otro lado, algunos estudios sugieren que las soluciones de NaClO en concentraciones elevadas tienen una mejor capacidad antimicrobiana en comparación con aquellas al 1% y 2% (Haapasalo et al., 2014). En contraste, otros autores han determinado que concentraciones de 1.3% y 2.5% son ineficaces para la eliminación total de la carga bacteriana (Haapasalo et al., 2014).

Debido a estos hallazgos contradictorios, se ha propuesto que la concentración ideal de NaClO para la irrigación radicular oscile entre 0.5% y 6%, buscando un balance entre eficacia antimicrobiana y seguridad para los tejidos periapicales (Haapasalo et al., 2010; Haapasalo et al., 2014; Parirokh et al., 2012).

Independientemente de la concentración utilizada, los estudios han demostrado que algunos microorganismos pueden resistir la preparación químico-mecánica del conducto radicular (Siqueira et al., 2002), representando un riesgo significativo para el éxito del tratamiento endodóntico, ya que la persistencia de bacterias dentro del conducto o su posible diseminación hacia los tejidos perirradiculares puede conducir al fracaso del tratamiento (Siqueira et al., 2002).

Respecto a el tiempo de irrigación con NaClO en endodoncia no es fijo, varía según la concentración, pero la solución debe renovarse frecuentemente para mantener su potencia, un contacto entre 1 y 5 minutos es común, aumentando en casos de tejidos orgánicos o biopelículas.

Las concentraciones más bajas (0.5%) requieren tiempos más largos de exposición para disolver tejido, mientras que las altas (5.25%) tienen mayor capacidad de disolución, pero son más tóxicas. Un mayor tiempo de exposición generará una eficacia antibacteriana significativamente mejor (Cai et al., 2023; Clarkson et al., 2006). Se recomienda un tiempo de exposición de 1 a 3 minutos si se renueva la solución (Clarkson et al., 2006).

En la práctica clínica, la irrigación con NaOCl puede prolongarse, renovando la solución cada poco tiempo para mantener la concentración y la potencia. (Cai et al., 2023)

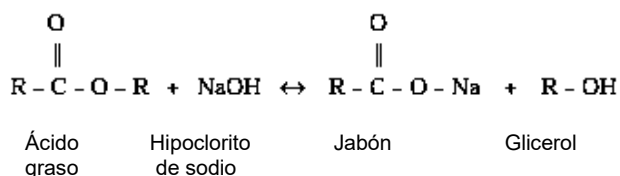
2.3.5.4 Mecanismo de acción del Hipoclorito de Sodio

El NaClO es una sustancia alcalina ($\text{pH} > 11$), su eficacia antimicrobiana es basada en su elevado pH, ya que logra oxidar e hidrolizar las proteínas celulares, liberando cloro y tiene habilidad osmótica la cual le auxilia en la extracción de líquidos intracelulares (Pradhan et al., 2018).

El NaClO ejerce sus efectos químicos cuando el cloro se disuelve en agua, formando el Ácido Hipocloroso (HOCl), que es el principal responsable de la acción antimicrobiana del NaClO, y no el cloro por sí mismo (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022; Chubb, 2019; Haapasalo et al., 2010; Haapasalo et al., 2014; Siqueira et al., 2002).

El NaClO actúa como un disolvente de tejido orgánico y graso degradando los ácidos grasos, los cuales transforma en sales de ácidos grasos (jabón) y glicerol (alcohol), reduciendo así su tensión superficial, a esta reacción se conoce como saponificación (Figura 1) (Estrela et al., 2002; Mohammadi, 2008).

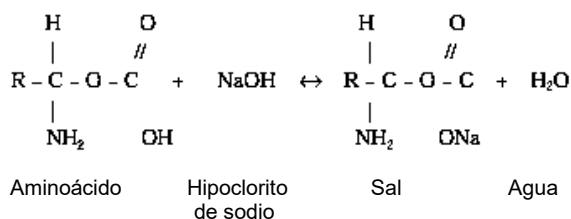
Figura 1. Reacción de saponificación.



Modificado de: Estrela et al. (2002).

La reacción de neutralización es cuando realiza esta acción en los aminoácidos y forma agua y sal, provocando la salida de iones hidroxilo y reduce el pH (Figura 2) (Estrela et al., 2002; Mohammadi, 2008).

Figura 2. Reacción de neutralización.

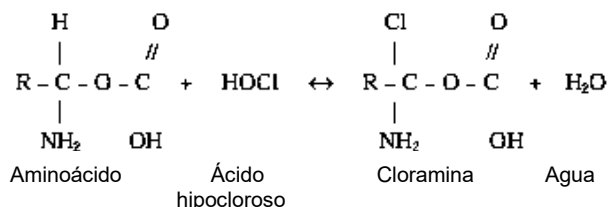


Modificado de: Estrela et al. (2002).

La reacción de cloraminación se crea cuando el ácido hipocloroso (presente en la solución de NaClO), al entrar en contacto con el tejido orgánico actúa como solvente y libera cloro que, combinado con el grupo amino de la proteína, forma cloraminas, las cuales van a interferir en el metabolismo celular (Mohammadi, 2008).

El cloro tiene la acción antimicrobiana actuando en las enzimas bacterianas inhibiendo las realizándose una oxidación irreversible (Figura 3) (Estrela et al., 2002).

Figura 3. Reacción de cloraminación.



Modificado de: Estrela et al. (2002).

Cabe resaltar que el hipoclorito de sodio y el ácido hipocloroso son poderosos agentes oxidantes, y su proporción relativa en solución depende directamente del pH. Se ha planteado la hipótesis de que la actividad antimicrobiana del NaClO puede potenciarse reduciendo el pH, lo que aumentaría la concentración de ácido hipocloroso en la solución (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022).

- A pH ácido o neutro, la mayor parte del cloro existe en forma de HOCl, que es más eficaz como agente antimicrobiano.
- A pH de 9 o más, predomina el OCl^- , reduciendo la proporción de HOCl disponible (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022; Haapasalo et al., 2010).
- La desinfección con NaClO es óptima alrededor de pH 6, ya que en este punto la concentración de HOCl es máxima y su disociación mínima (Siqueira et al., 2002).
- Sin embargo, en la práctica clínica, las soluciones de NaClO suelen prepararse con un pH alto para mejorar su estabilidad y prolongar su vida útil (Siqueira et al., 2002).

2.4 Protocolos de irrigación y riesgo de extrusión

La instrumentación mecánica del conducto radicular no es suficiente para garantizar su limpieza completa, ya que se ha demostrado que al menos 35% del sistema de conductos no es alcanzado por los instrumentos endodónticos, lo cual resalta la importancia

de la irrigación, el desbridamiento químico y la desinfección del sistema de conductos radiculares como pasos esenciales en el tratamiento endodóntico (Mitchell et al., 2010).

Aunque la ampliación del espacio del conducto radicular da mayor margen al acceso de los irrigantes al tercio apical, su distribución dentro del sistema de conductos sigue siendo impredecible, especialmente en esta región (Iriboz et al., 2015; Mitchell et al., 2010); es por ello que la irrigación debe aplicarse de manera continua durante toda la fase de instrumentación para maximizar su eficacia (Haapasalo et al., 2010).

Debido a la complejidad anatómica del sistema de conductos radiculares, los instrumentos no pueden limpiar completamente todas las áreas. Las aletas del canal y los istmos pueden quedar intactos, dificultando la eliminación de tejido pulpar vital y necrótico, microorganismos y toxinas bacterianas; todo ello no solo compromete la adaptación del

material de obturación, sino que también puede provocar una inflamación perirradicular persistente (Gu et al., 2009).

De este modo y para que los irrigantes actúen de manera efectiva, deben entrar en contacto directo con todas las superficies del conducto radicular, especialmente en la porción apical, donde es más difícil su penetración (Gu et al., 2009).

Se puede establecer que la eficacia de la irrigación depende de la distribución del irrigante y sus propiedades fisicoquímicas, ya que, en la irrigación convencional, el flujo del irrigante se basa únicamente en la presión positiva de inyección y en su viscosidad para alcanzar las diferentes áreas del sistema de conductos radiculares (Gomes et al., 2023). Sin embargo, esta técnica tiene limitaciones en la eliminación de residuos y barrillo dentinario.

Por esta razón, la activación del irrigante es un procedimiento fundamental para mejorar su flujo dentro de las complejidades del sistema de conductos. La activación implica el uso de energía mecánica, física o de otro tipo para agitar el irrigante y optimizar su capacidad de limpieza. Se ha demostrado que este proceso mejora significativamente la eliminación de residuos y barrillo dentinario, por lo que es un paso esencial durante la preparación químico-mecánica del conducto (Gomes et al., 2023).

Los sistemas de irrigación y activación pueden dividirse en dos grandes categorías:

1. Técnicas de agitación manual.
2. Dispositivos de agitación asistidos por máquina.

Cada uno de estos métodos tiene ventajas y limitaciones, y su elección dependerá del caso clínico y de los objetivos específicos de la irrigación (Gu et al., 2009).

2.4.1 Técnicas manuales

Irrigación pasiva con jeringa y agujas

La irrigación con jeringa sigue siendo la técnica convencional más utilizada en la irrigación del conducto radicular (Jiang et al., 2012), esta técnica implica la administración de irrigante a través de agujas de diferentes calibres, ya sea de manera pasiva o mediante

agitación, que se logra moviendo la aguja hacia arriba y hacia abajo dentro del conducto (Gu et al., 2009).

Aunque es considerada una forma clásica y eficaz de irrigar el conducto radicular (Chubb, 2019; Haapasalo et al., 2010), presenta limitaciones significativas: la acción mecánica de lavado es relativamente débil y depende en gran medida de la anatomía del conducto radicular y de la profundidad alcanzada por la aguja, la cual está determinada por su diámetro (Mozo et al., 2012).

Las extensiones e irregularidades del conducto que son inaccesibles para la aguja pueden albergar residuos y bacterias, lo que dificulta el desbridamiento completo del conducto (Gu et al., 2009). En muchos casos, la punta de la aguja se encuentra en el tercio coronal de un conducto estrecho o en el tercio medio de un conducto más amplio, limitando así la profundidad de penetración de la solución de irrigación y su capacidad para desinfectar adecuadamente los túbulos dentinarios (Gu et al., 2009).

En este sentido, Grossman ya había reconocido la necesidad de ampliar el conducto radicular para mejorar la eficacia de la irrigación, especialmente cuando el canal se agranda a menos de calibre 40 en el ápice (Gu et al., 2009).

Existen diferentes diseños de agujas para la irrigación: algunas dispensan el irrigante a través de su extremo distal, mientras que otras lo administran lateralmente mediante canales cerrados con ventilación lateral, este último diseño se propone para mejorar la activación hidrodinámica del irrigante y reducir la posibilidad de extrusión apical (Gu et al., 2009).

Es fundamental que la aguja permanezca suelta dentro del conducto durante la irrigación, permitiendo que el irrigante refluya y arrastre residuos en dirección coronal, mientras se evita la extrusión inadvertida del irrigante en los tejidos periapicales, esta característica permite un control fácil sobre la profundidad de penetración de la aguja y el volumen de irrigante introducido (Gu et al., 2009).

Para maximizar la efectividad de la irrigación con jeringa, se deben considerar varios factores:

- Proximidad de la aguja al ápice: Cuanto más cerca esté la punta de la aguja del ápice, mayor será la eficacia de la irrigación, aunque también aumenta el riesgo de extrusión apical del irrigante (Gu et al., 2009).
- Volumen de riego: Un mayor volumen de irrigante mejora la eliminación de residuos.
- Calibre de la aguja: Se recomienda el uso de agujas pequeñas de calibre 27 o preferiblemente calibre 30 para acceder al canal apical, aunque el intercambio de irrigante más allá de la punta de la aguja sólo alcanza entre uno y tres milímetros (Haapasalo et al., 2010).

Además, el flujo de líquido más allá de la aguja está influenciado directamente por el caudal de irrigación y el intercambio de irrigante (Gu et al., 2009).

A pesar de sus limitaciones, la irrigación con jeringa ha sido defendida como un método eficiente para la entrega de irrigante antes de la introducción de técnicas más avanzadas (Gu et al., 2009). Sin embargo, la evolución de la tecnología en la irrigación endodóntica apunta hacia métodos más efectivos que puedan superar las barreras anatómicas y mejorar la desinfección integral del sistema de conductos radiculares.

Cepillos

Los cepillos no se utilizan directamente para dispensar el irrigante dentro de los conductos radiculares, sino que funcionan como complementos diseñados para mejorar la limpieza de las paredes del conducto y activar el irrigante. Existen diferentes dispositivos con cepillos incorporados, cada uno con características específicas y limitaciones.

- **Navitip FX**
 - Fabricante: Ultradent Products Inc, South Jordan, UT.
 - Características: Aguja de calibre 30 recubierta con un cepillo.
 - Ventajas: Ha demostrado mejorar la limpieza en el tercio coronal en comparación con otros cepillos.
 - Limitaciones: No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en la limpieza de los tercios apical y medio. Además, la fricción entre las cerdas del cepillo y las irregularidades del conducto puede provocar la dislocación de cerdas

dentro del conducto radicular, lo que representa un riesgo, ya que su localización y eliminación pueden ser difíciles, incluso con el uso de un microscopio.

- **Endobrush**

- Fabricante: C & S Microinstrumentos Ltd., Markham, Ontario, Canadá.
- Características: Cepillo en espiral con cerdas de nylon fijadas en cables trenzados y un mango adjunto.
- Ventajas: Su diseño permite una limpieza mecánica adicional de las paredes del conducto radicular.
- Limitaciones: Debido a su tamaño, no puede ser utilizado hasta la longitud de trabajo, lo que puede provocar acumulación de desechos en la porción apical del conducto tras el cepillado.

El uso de cepillos en endodoncia proporciona la capacidad de mejorar la limpieza mecánica de las paredes del conducto radicular, pero su aplicación debe realizarse con precaución debido a sus limitaciones, dentro de las cuales destaca la posibilidad de fragmentación o acumulación de residuos dentro del conducto debe ser considerada al seleccionar estos dispositivos como complemento de la irrigación endodóntica.

Activación Dinámica Manual (MDA)

La activación dinámica manual es una técnica de activación de irrigantes que se caracteriza por su bajo costo y la ausencia de necesidad de equipo adicional. Su aplicación consiste en la inserción repetida de un cono de gutapercha maestro ajustado a menos de 2-3 mm de la longitud de trabajo dentro de un conducto previamente instrumentado (Haapasalo et al., 2010).

El procedimiento implica movimientos cortos de entrada y salida, con una amplitud de aproximadamente 2 mm y a una frecuencia de 100 movimientos por minuto, durante un tiempo aproximado de 1 minuto. Este mecanismo genera un efecto hidrodinámico, lo que facilita el desplazamiento y la penetración del irrigante dentro del sistema de conductos radiculares (Gu et al., 2009; Haapasalo et al., 2010).

- Mejor penetración del irrigante: Facilita el desplazamiento del irrigante en sentido longitudinal (corono-apical) y lateral, optimizando su distribución dentro del conducto.
- Efecto hidrodinámico: La repetición de movimientos genera corrientes en forma de remolinos, promoviendo una mejor interacción del irrigante con las paredes del conducto.
- Eliminación del bloqueo de vapor apical: Mejora el desbridamiento, la limpieza y potencia la acción antimicrobiana de los irrigantes, incrementando la eficacia del tratamiento endodóntico (Gomes et al., 2023).

A pesar de sus ventajas, presenta ciertas desventajas que limitan su aplicación en la práctica clínica diaria. Su ejecución requiere un esfuerzo manual constante, lo que la convierte en una técnica laboriosa y, en algunos casos, poco práctica (Gu et al., 2009). En comparación con los sistemas automatizados modernos de activación de irrigantes, su aplicación puede ser menos eficiente y más dependiente de la habilidad del operador.

En conclusión, aunque la irrigación manual dinámica es una opción viable y efectiva, su uso está siendo desplazado por sistemas de activación mecanizados que ofrecen mayor eficiencia y comodidad en la práctica endodóntica actual.

2.4.2 Técnicas automáticas

Es difícil imaginar una irrigación exitosa del conducto radicular sin el uso de NaClO; sin embargo, existen dos factores importantes para alcanzar su máxima efectividad los cuales son el riego continuo y el tiempo (Haapasalo et al., 2010). Para maximizar la eficacia de la irrigación con NaClO, se recomiendan intercambios de la solución con frecuencia, mayor volumen (Tonini et al., 2022) y mantenerse en movimiento mediante agitación o irrigación continua con el propósito de aumentar la velocidad de disolución del tejido (Haapasalo et al., 2014) para mejorar su actividad. Ya que la red de canales laterales no se puede limpiar mecánicamente la única forma efectiva de limpiarlos es moviendo la solución irrigante (Mozo et al., 2012).

Se han desarrollado dispositivos de agitación como complemento a las soluciones irrigantes con el objetivo de asegurar una distribución óptima de estos para mejorar su

eficacia (Haapasalo et al., 2010; Li et al., 2020; Mitchell et al., 2011) sobre el sistema de conductos radiculares para una limpieza más predecible de las áreas de difícil acceso (Dos Reis et al., 2020; Haapasalo et al., 2010). Lo anterior al contribuir a la eliminación del barrillo dentinario (Mozo et al., 2012) creado por instrumentación mecánica, promoviendo así la penetración de NaClO para matar las bacterias que colonizan los túbulos dentinarios (Chubb, 2019; Li et al., 2020).

De acuerdo con la Asociación Americana de Endodoncia la irrigación activa se define como el uso de agitación mecánica o manual para mejorar el desbridamiento físico y químico del contenido del canal. Por otro lado, definen la irrigación pasiva como el lavado suave del canal para mejorar el desbridamiento químico, sin aplicación de energía (Endodontists, 2020).

Los sistemas mejoran la entrega de irrigante a lo largo del conducto radicular mediante el uso de energía ultrasónica o sónica y presión negativa apical (Mitchell et al., 2011).

Irrigación ultrasónica

La literatura describe dos tipos de irrigación ultrasónica (Gu et al., 2009), el primero es la combinación simultánea de irrigación ultrasónica (UI) e instrumentación (Gu et al., 2009). Y el segundo tipo funciona sin instrumentación simultánea y se denomina riego ultrasónico pasivo (PUI) (Gu et al., 2009; Mozo et al., 2012).

Los dientes preparados ultrasónicamente con dispositivos UI tienen conductos significativamente más limpios (Gu et al., 2009). Pero ha sido casi descartado en la práctica clínica por la dificultad para controlar el corte de dentina y posteriormente la forma final del conducto preparado (Gu et al., 2009; Mozo et al., 2012); ya que con frecuencia producían perforaciones en tiras y conductos con formas muy irregulares.

El término PUI fue utilizado por primera vez por Weller et al. en 1980 para describir el riego sin instrumentación simultánea, cepillado, ni contacto de las paredes del canal con una lima o instrumento endodóntico (Gu et al., 2009; Mozo et al., 2012). Esta metodología redujo la posibilidad de crear formas aberrantes en el conducto radicular, debido a que ante la ausencia de cortes, la energía se transmite desde una lima oscilante o un alambre liso al

irrigante en el conducto radicular mediante ondas ultrasónicas que inducen la transmisión acústica y la cavitación del irrigante (Gu et al., 2009; Mozo et al., 2012).

Los métodos de lavado que se pueden usar durante PUI son:

- Técnica de lavado continuo proporciona un suministro ininterrumpido de solución de irrigación en el conducto radicular (Mozo et al., 2012).
- Técnica de lavado intermitente, el irrigante se inyecta mediante jeringa en el conducto radicular, luego se activa con un instrumento ultrasónico oscilante y el conducto se llena varias veces después de cada ciclo de activación ultrasónica (Chubb, 2019; Gu et al., 2009; Mozo et al., 2012). Como con esta técnica se conoce la profundidad de penetración de la jeringa y el volumen de irrigante administrado, se puede controlar la cantidad de irrigante que fluye a través del conducto. Esto no es posible con el lavado continuo (Gu et al., 2009).

2.4.2.1 Activación ultrasónica

Los dispositivos ultrasónicos se han utilizado durante mucho tiempo en periodoncia (Gu et al., 2009). El uso del ultrasonido en odontología se hizo popular en 1955, durante la aplicación para eliminar los depósitos de cálculo y placa de las superficies de los dientes (Mozo et al., 2012).

En endodoncia la instrumentación ultrasónica se introdujo en 1957 por Richman como medio de desbridamiento de conductos en 1957 (Gu et al., 2009; Mozo et al., 2012). En 1980, Martin et al. comercializaron una unidad ultrasónica diseñada para uso endodóntico (Gu et al., 2009). Martin y Cunningham definen el término “endosónico” como el sistema ultrasónico sinérgico de instrumentación y desinfección de canales (Mozo et al., 2012).

La energía ultrasónica produce frecuencias altas, pero amplitudes bajas. Las limas están diseñadas para oscilar a frecuencias ultrasónicas de 25 a 30 kHz. Operan en una vibración transversal, estableciendo un patrón característico de nodos y antinodos a lo largo de su longitud (Gu et al., 2009). El dispositivo basado en una punta de polímero E74 para

endoactivador ultrasónico endo es uno de los sistemas más representativos de la activación ultrasónica.

- ***Punta de polímero E74 para Endoactivador ultrasónico Endo***

Utilizada para desinfección del canal radicular, la vibración ultrasónica genera una corriente de flujo en la solución de irrigación para limpiar y desinfectar el conducto, mejorando la penetración del irrigante en los conductos laterales y en las irregularidades con el fin de eliminar el barrillo dentinario y otros residuos. La parte de trabajo está fabricada de polímero sin capacidad de corte, lo que previene dañar la morfología del canal, es autoclavable y cada punta puede ser utilizada para 6 canales según las recomendaciones del fabricante, aunque, por seguridad los clínicos sugieren usarlas solo una vez.

- Manejo: Modo E, potencia 1-3. Llenar de solución el canal, introducir la punta, accionar el ultrasonido y mover la punta arriba y abajo 20 segundos, parar y repetir 3 veces por canal. Se presentan en pack de 10 piezas y para su uso es necesario la punta base E70.

2.4.2.2 Activación sónica

La activación sónica es un método eficaz para la desinfección del sistema de conductos radiculares (Gu et al., 2009). A diferencia de la activación ultrasónica, opera a una frecuencia más baja (1–6 kHz) y genera tensiones de corte más pequeñas (Gu et al., 2009).

Las puntas activadas sónicamente generan fenómenos de transmisión de energía, mientras que las puntas ultrasónicas inducen la activación ultrasónica del irrigante, produciendo microcorrientes acústicas y cavitación. En algunos casos, esta activación también puede potenciar los efectos químicos del irrigante (Al-Jadaa et al., 2023; Dos Reis et al., 2020).

La energía sónica genera una amplitud de oscilación significativamente mayor, con un patrón de vibración caracterizado por la presencia de un nodo cerca de la unión de la lima y un antinodo en la punta. Cuando el movimiento de la lima sónica es restringido, la oscilación lateral desaparece, resultando en una oscilación puramente longitudinal. Este

modo de vibración es eficiente para el desbridamiento del conducto radicular, ya que no se ve afectado por la carga y permite grandes amplitudes de desplazamiento (Gu et al., 2009).

- ***Rispisonic***

- Fabricante: Medidenta International, Inc, Woodside, NY.
- Características: Lima diseñada para la irrigación, conectada a una pieza de mano sónica MM 1500.
- Ventajas: Posee una conicidad no uniforme que aumenta con el tamaño de la lima.
- Limitaciones: Debido a la presencia de púas, puede engancharse en la pared del conducto, lo que podría dañar la preparación final del conducto durante la agitación (Gu et al., 2009).

- ***Eddy***

- Fabricante: VDW, Múnich, Alemania.
- Características: Punta de poliamida de tamaño 25/04 activada a una frecuencia de 6000 Hz mediante una pieza de mano accionada por aire.
- Ventajas: Proporciona una activación sónica efectiva del irrigante dentro del sistema de conductos radiculares (Dos Reis et al., 2020).

- ***EndoActivator***

- Fabricante: Advanced Endodontics, Santa Bárbara, CA, EE.UU.
- Características: Dispositivo sónico compuesto por una pieza de mano portátil y tres tipos de puntas de polímero flexibles y desechables de diferentes tamaños (Desai & Himel, 2009; Li et al., 2020).
- Frecuencia de vibración: Hasta 10,000 ciclos por minuto (cpm) (Desai & Himel, 2009; Haapasalo et al., 2010).
- Ventajas:
 - Facilita la penetración del irrigante y optimiza la limpieza mecánica en comparación con la irrigación convencional con aguja.
 - No aumenta el riesgo de extrusión del irrigante a través del ápice (Haapasalo et al., 2010).

- La vibración de la punta y su movimiento vertical corto crean un potente efecto hidrodinámico, promoviendo la eliminación de la biopelícula y la capa de frotis (Desai & Himel, 2009).
- Las puntas de polímero son flexibles, resistentes y no cortan la dentina, lo que les permite limpiar eficazmente los desechos en los conductos laterales (Desai & Himel, 2009).
- Desventajas: Una posible desventaja de las puntas de polímero utilizadas en el EndoActivator es que son radiotransparentes, lo que dificulta su identificación en caso de fractura dentro del conducto radicular, aunque estas puntas están diseñadas para ser desechables y tienen baja probabilidad de fractura, su visibilidad podría mejorarse mediante la incorporación de un material radiopaco en su composición (Desai & Himel, 2009).

La irrigación sónica es una alternativa efectiva a la irrigación convencional, permitiendo una mejor distribución del irrigante dentro del sistema de conductos radiculares; su capacidad para generar efectos hidrodinámicos mejora el desbridamiento y la eliminación de biopelículas, contribuyendo a una desinfección más efectiva. Sin embargo, la elección del dispositivo debe considerar las características anatómicas del conducto, la seguridad del procedimiento y las limitaciones de cada sistema.

2.4.2.3 Sistemas de presión negativa apical

Los sistemas de presión negativa apical (ANP) han sido introducidos como una solución para mejorar la irrigación en la región apical del conducto radicular y evitar la extrusión del irrigante (Gu et al., 2009; Jiang et al., 2012). Estos sistemas combinan la administración y aspiración simultánea del irrigante mediante dispositivos que generan un gradiente de presión negativa, lo que permite un flujo controlado del líquido desde la cámara pulpar hasta la punta de aspiración ubicada en la porción apical del conducto (Moreno et al., 2018).

El concepto de presión negativa se basa en la diferencia de presiones entre la cámara pulpar y la región apical del conducto. Cuando la aguja de presión negativa se coloca dentro del conducto durante la aspiración, la presión generada en la región apical es menor que la presión atmosférica. Esto provoca un flujo neto del irrigante hacia el área de

menor presión, facilitando su distribución dentro del conducto y minimizando el riesgo de extrusión apical (Moreno et al., 2018).

- **Sistema GentleWave (GW)**

- Fabricante: Sonendo Inc, Laguna Hills, CA.
- Mecanismo: Proporciona una solución de tratamiento energizada en el sistema de conductos radiculares a través de una pieza de mano colocada en la superficie oclusal del diente.
- Funcionamiento: La pieza de mano genera una corriente de líquido de tratamiento en la cámara pulpar, mientras que un sistema de succión incorporado elimina el irrigante, creando una presión negativa dentro del conducto radicular (Charara et al., 2016).
- Ventajas:
 - No requiere ampliar los conductos más allá del tamaño ISO 15 para un funcionamiento efectivo.
 - Minimiza la extrusión apical del irrigante.

- **Sistema EndoVac**

- Mecanismo: Desarrollado para administrar irrigantes de forma segura sin riesgo de extrusión apical (Haapasalo et al., 2010; Iriboz et al., 2015).
- Funcionamiento:
 - El irrigante se aplica en la cámara pulpar o directamente en el conducto radicular y luego es succionado a través del conducto, regresando a través de la aguja (Haapasalo et al., 2010).
 - Utiliza una cánula de succión insertada hasta la longitud de trabajo (WL) para administrar la solución de irrigación a lo largo de toda la longitud del conducto, evitando su extrusión (Charara et al., 2016; Jiang et al., 2012; Mitchell et al., 2010).
- Requisitos:
 - Para su correcto uso, el conducto debe tener un ancho mínimo de tamaño 35 en la WL (Charara et al., 2016).

- Componentes:

- Microcánula (MICRO): Cánula de acero inoxidable de tamaño 32, con cuatro juegos de tres orificios cortados con láser, diseñados para la irrigación del tercio apical.
- Macrocánula (MACRO): Plástica, con un extremo abierto de tamaño 55 y conicidad de 0.02, utilizada para succionar el irrigante en los segmentos coronal y medio del conducto.
- Punta Maestra de Entrega (MDT): Administra y evacua simultáneamente el irrigante mediante un flujo constante de solución fresca.

Este sistema suministra un flujo continuo de irrigante mediante presión negativa hasta la longitud de trabajo, permitiendo su eliminación controlada y evitando el atrapamiento de aire (Desai & Himel, 2009).

• **Sistema RinsEndo**

- Fabricante: Dürer Dental Co.
- Mecanismo: Basado en la tecnología de presión-succión, con una pieza de mano que funciona con un compresor de aire dental.
- Funcionamiento:
 - Velocidad de irrigación: 6.2 ml/min (Desai & Himel, 2009; Gu et al., 2009).
 - Se extrae una corriente de aire de 1.6 Hz desde una jeringa acoplada, transportando el irrigante al conducto radicular mediante una cánula con una abertura de salida de 7 mm de largo.
 - En la fase de succión, el irrigante usado y el aire se extraen simultáneamente del conducto radicular, mezclándose con la solución de enjuague fresca.
 - Los ciclos de presión-succión cambian aproximadamente 100 veces por minuto.
- Ventajas:
 - Se ha demostrado que logra una mejor penetración del irrigante en el tercio apical en comparación con la irrigación convencional.
- Limitaciones:
 - Puede aumentar el riesgo de extrusión apical del irrigante (Dos Reis et al., 2020).

Los sistemas de presión negativa apical han demostrado ser una alternativa efectiva para mejorar la irrigación del conducto radicular sin riesgo de extrusión apical. Permiten un flujo constante de irrigante fresco, optimizando la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares.

- El sistema GentleWave es útil en conductos de pequeño calibre sin necesidad de ensanchamiento adicional.
- EndoVac ofrece una irrigación segura y eficiente, pero requiere una preparación del conducto de al menos tamaño 35 para un uso óptimo.
- RinsEndo combina presión y succión para mejorar la penetración del irrigante, aunque con un mayor riesgo de extrusión apical.

La elección del sistema dependerá de las características anatómicas del conducto la preparación de este y la necesidad de minimizar la extrusión del irrigante.

2.4.3 Diseño de las agujas de irrigación

La irrigación con jeringa y aguja sigue siendo el procedimiento más utilizado (Boutsioukis, Verhaagen, et al., 2010), debido a que es fácil de usar y rentable (Singh et al., 2024).

Por lo que se han propuesto diferentes tipos de agujas para aumentar la eficiencia de la irrigación con jeringa (Boutsioukis, Verhaagen, et al., 2010).

Existen dos tipos de agujas de irrigación:

- Agujas de extremo abierto, estas permiten que el irrigante fluya directamente a través de su punta independientemente de su forma (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022), pueden ser planas, biseladas o con muescas (Singh et al., 2024).
- Agujas de extremo cerrado, que impiden la salida directa, por lo que el irrigante fluye a través de uno o más orificios de ventilación laterales (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022), pueden tener ventilación de un solo lado, ventilación de ambos lados o múltiples ventilaciones (Singh et al., 2024).

En términos de penetración e intercambio de irrigante las agujas abiertas parecen más efectivas que las agujas cerradas del mismo tamaño (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022),

debido a que crean un chorro hacia el ápice y un máximo reemplazo de irrigante (Boutsioukis, Verhaagen, et al., 2010) pero también conllevan un mayor riesgo de extrusión involuntaria a través del foramen apical (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022).

2.4.4 Tamaño de las agujas de irrigación

Las agujas grandes, es decir de calibre 25 G, eran comunes para la irrigación endodóntica hace algunos años (Haapasalo et al., 2010); sin embargo, solo permitían que el irrigante llegara hasta el tercio medio del conducto radicular, condicionando la efectividad de los irrigantes (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022). Por esta razón fueron reemplazadas por agujas de 27 G. Actualmente las agujas de 30 G pueden considerarse como el estándar clínico pero, dadas las tendencias en la instrumentación, las agujas 31G pueden convertirse en el estándar en un futuro próximo (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022).

Cuando se utilizan agujas 30-31G, el conducto radicular debe agrandarse hasta un tamaño apical mínimo de 30-35 para evitar que se atasquen (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022).

Al respecto, existen diversos estudios que han demostrado que el irrigante tiene solo un efecto limitado más allá de la punta de la aguja debido a la zona de agua muerta o, a las burbujas de aire en el conducto radicular apical, que impiden la penetración apical de la solución (Haapasalo et al., 2010). Independientemente del tipo y tamaño de la aguja, el irrigante no puede alcanzar la longitud de trabajo en conductos radiculares con tamaño apical de 25 o menos (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022).

2.4.5 Velocidad y volumen de irrigación

La jeringa de 5 ml es el instrumento más comúnmente utilizado para la irrigación del conducto radicular, con esta jeringa, el caudal puede alcanzar al menos 0.20-0.25 ml/s (Zou et al., 2024).

Las agujas de punta abierta crean un chorro de irrigación de alta velocidad dirigido apicalmente y, por lo tanto, un máximo reemplazo de irrigante, pero también una presión apical más alta (Boutsioukis & Gutierrez Nova, 2021; Boutsioukis, Verhaagen, et al., 2010),

mientras que las agujas de punta cerrada crean chorros más pequeños en ambas salidas (Boutsioukis & Gutierrez Nova, 2021).

Se utiliza un total de 10–20 ml de irrigante para cada conducto radicular durante toda la preparación mecánica (Zou et al., 2024). Además, a mayor caudal, más intenso es el chorro de irrigación (Boutsioukis & Gutierrez Nova, 2021).

2.4.6 Distancia de la aguja al foramen apical

La profundidad de inserción de la aguja durante la irrigación influye en el grado de reemplazo del irrigante, la tensión cortante en las paredes del conducto y la presión en el foramen apical (Boutsioukis, Lambrianidis, et al., 2010). De este modo, al colocar la aguja demasiado cerca de la longitud de trabajo aumenta el riesgo de extrusión del irrigante hacia los tejidos periapicales, debido al incremento de la presión media en el foramen apical. Sin embargo, también mejora la reposición del irrigante en la parte apical del conducto radicular, favoreciendo una limpieza más efectiva (Boutsioukis, Lambrianidis, et al., 2010).

La posición óptima de la aguja varía según su diseño:

- Agujas de extremo abierto: Se recomienda colocarlas 2 a 3 mm por debajo de la longitud de trabajo.
- Agujas de extremo cerrado: Deben posicionarse a 1 mm de la longitud de trabajo, asegurando siempre que la aguja se mantenga libre dentro del conducto radicular.

Para alcanzar estas posiciones de manera segura, es fundamental el uso de agujas finas y flexibles (calibre 27-31G), especialmente en conductos radiculares curvos (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022).

2.4.7 Nuevas tecnologías y dispositivos

La dificultad para irrigar adecuadamente la porción apical del conducto ha impulsado el desarrollo de diversas técnicas innovadoras para mejorar la penetración de las soluciones irrigantes (Haapasalo et al., 2010). En los últimos años, se han introducido numerosos dispositivos diseñados para agitar y distribuir los irrigantes de manera más eficiente dentro del sistema de conductos radiculares dentro de los cuales destacan los siguientes:

- ***Finishing Files***

Si bien la activación sónica y ultrasónica son técnicas efectivas para la eliminación de desechos residuales en los conductos radiculares, su uso no está ampliamente implementado en la mayoría de las consultas endodónticas debido a factores como el tiempo de aplicación, el costo y la necesidad de equipos específicos.

Para abordar estas limitaciones, se ha desarrollado el Finishing Files. El cual es un sistema de limas de polímero rotatorias diseñadas para remover residuos de las paredes dentinarias y, al mismo tiempo, agitar el irrigante (hipoclorito de sodio) sin necesidad de ensanchar el conducto ni incrementar significativamente los costos del tratamiento.

Características y técnica recomendada por el fabricante:

- Material: Instrumento de polímero flexible.
- Presentación: Blíster con 6 limas de tamaño 20/.04 y 25 mm de longitud.
- Ventajas: Compatible con cualquier sistema de limas de endodoncia, sigue la anatomía del conducto y no requiere equipos adicionales.
- Modo de uso:
 - Usar como última lima antes de la obturación.
 - Llenar el conducto con irrigante antes de la inserción.
 - Operar a 700 rpm y torque de 2 Ncm.
 - Fijar la longitud de trabajo con el tope de silicón.
 - Aplicar movimientos ascendentes y descendentes dentro del conducto.
 - Utilizar durante al menos 30 segundos.
 - Secar y preparar el conducto para la obturación siguiendo la técnica habitual.

- ***Lima de irrigación M3 Max***

- Origen: Introducida en China por United Dental.
- Comparación: Similar en aplicación y propiedades al XP-Endo Finisher (FKG) según el fabricante.
- Características:
 - Tamaño ISO 25/.01.

Forma de cuchara única, con una longitud de 10 mm desde la punta y profundidad de 1.5 mm.

- Modo de acción:

Funciona con movimientos verticales para "raspar" las paredes del conducto radicular.

Modifica la biopelícula y el barrillo dentinario, mejorando la limpieza (Li et al., 2020).

- ***Lima autoajutable (SAF)***

SAF (Self-Adjusting File) es una lima innovadora diseñada para adaptarse a la sección transversal del conducto radicular, proporcionando un preparado uniforme y conservador.

- Diseño: Lima hueca de níquel-titanio, con una estructura de red cilíndrica delgada.
- Adaptabilidad: Se ajusta a la morfología del conducto radicular, respetando su forma original tanto en sentido longitudinal como en sección transversal.
- Mecanismo de acción:
 - Genera presión circunferencial, lo que permite que la superficie abrasiva de la lima elimine una capa delgada y uniforme de tejido duro.
 - Es especialmente útil en conductos ovalados o planos, ya que los amplía sin distorsionar su anatomía original.
 - Reduce el enderezamiento de conductos curvos, preservando su curvatura natural (Iriboz et al., 2015).
- Ventajas:
 - Remoción eficiente del barrillo dentinario sin necesidad de agrandar excesivamente el conducto.
 - Mejor adaptación a conductos con secciones transversales complejas (ovaladas o planas).
 - Preservación de la estructura dental, reduciendo el riesgo de fracturas.

- ***XP-endo Finisher***

Es un instrumento flexible de aleación MaxWire con una punta no cónica de tamaño 25 que se utiliza en un movimiento giratorio capaz de agitar mecánicamente el irrigante (Dos Reis et al., 2020).

2.5 Extrusión apical de irrigantes

Aunque el NaClO se considera eficaz en el tratamiento de conductos radiculares, su uso presenta varias desventajas, en particular la posibilidad de extrusión apical (Parker et al., 2024).

2.5.1 Definición de extrusión apical

La extrusión apical se define como el desplazamiento accidental del irrigante más allá del ápice del diente. Puede ocasionar daño a los tejidos periapicales y está relacionada con síntomas como dolor, hinchazón e inflamación; se debe minimizar este fenómeno para mantener la comodidad del paciente y reducir la posibilidad de complicaciones ya que tiene el potencial de dañar las estructuras vecinas, pudiendo poner en peligro la efectividad general del tratamiento del conducto radicular (Parker et al., 2024).

2.5.2 Causas de la extrusión

La extrusión de NaClO y de otros irrigantes está relacionada principalmente con factores iatrogénicos como la técnica o el método de irrigación, aguja de irrigación atascada en el conducto radicular o la inserción de la aguja más allá del ápice (Souza et al., 2021).

La fuerza, determinación incorrecta de la longitud de trabajo, sobreinstrumentación en el ápice radicular, la presión y el caudal empleados por el operador durante la irrigación con NaClO u otro irrigante, particularmente en presencia de otros factores predisponentes como falta de constricción apical, ya sea por instrumentación descuidada o por reabsorción, ápice radicular abierto o ensanchado, perforación radicular apical, fenestración ósea apical, defectos radiculares y proximidad del ápice radicular a estructuras circundantes o anatómicas (Ortiz-Alves et al., 2022; Pai, 2023) y conductos accesorios (Rodríguez-Figueroa et al., 2014). Estas situaciones aumentan el riesgo de irrigar inadvertidamente más allá de los límites naturales del conducto radicular (Al-Jadaa et al., 2023) resultando en extrusión accidental de la solución del foramen apical, complicando la irrigación durante el tratamiento (Rodríguez-Figueroa et al., 2014).

Aunque hay razones anatómicas/patológicas, cuando sucede un accidente de extrusión con NaClO, generalmente se considera de naturaleza iatrogénica, es decir, ocurre cada vez que el dentista no sigue las pautas básicas para la irrigación del conducto radicular (Souza et al., 2021). Sin embargo, también está influenciada por factores relacionados con:

- El paciente (huésped) como son el género, la edad, el grado de calcificación del hueso alveolar, si están o no en tratamiento de ortodoncia y el estado médico y/o tratamientos (Vivekananda Pai, 2023).
- El diente.
- El operador es fundamental en el éxito del tratamiento endodóntico y en la prevención de accidentes relacionados con el hipoclorito de sodio (NaClO). Factores como el género, tipo de operador, experiencia clínica, número de visitas programadas y la técnica de instrumentación pueden influir en la seguridad y eficacia del procedimiento (Vivekananda Pai, 2023).
- El irrigante (Pai, 2023).

Factores anatómicos

- Tipo de dientes

Los accidentes por NaClO son reportados con mayor frecuencia en dientes permanentes maduros. Sin embargo, los dientes permanentes jóvenes, debido a su raíz más corta e inmadura con ápice abierto, también son propensos a este tipo de complicaciones. Asimismo, los dientes primarios presentan un riesgo similar, ya que en estos casos se pone un énfasis adicional en la irrigación para lograr una limpieza adecuada del conducto radicular (Vivekananda Pai, 2023).

- Grupo de dientes

Algunos grupos dentales son más propensos a sufrir accidentes por NaClO debido a su ubicación y a la estructura ósea circundante.

- Dientes maxilares:
 - Presentan mayor riesgo debido a la delgadez del hueso cortical que los rodea.
 - Su proximidad al seno maxilar facilita la rápida propagación del NaClO a los tejidos blandos circundantes.
 - Premolares y molares son los más susceptibles (Vivekananda Pai, 2023).

- Dientes mandibulares:
 - En general, presentan menor riesgo de extrusión del irrigante debido a la mayor densidad de la placa cortical.
 - La propagación del NaClO es más limitada en comparación con los dientes maxilares.

- *Tamaño y morfología de los dientes*

Es un factor determinante en la predisposición a errores iatrogénicos que pueden conducir a accidentes con NaClO.

- Dientes pequeños, como los incisivos mandibulares, presentan mayor riesgo.
- Dientes con zonas de peligro anatómico, como los premolares mandibulares con anatomía cervical restringida, son más susceptibles a complicaciones.
- Una preparación de acceso inadecuada o una perforación accidental en estos dientes puede facilitar la extrusión del irrigante y provocar accidentes (Vivekananda Pai, 2023).

- *Posición anatómica de los dientes*

La ubicación del diente dentro del hueso alveolar también influye en el riesgo de extrusión de NaClO.

- Dientes maxilares (premolares y molares):
 - Sus raíces bucales están en contacto cercano con el hueso suprayacente.
 - La placa cortical delgada en esta región permite una mayor propagación del NaClO.
 - Son más propensos a accidentes por extrusión del irrigante.
- Dientes mandibulares (premolares y molares):
 - Presentan menor riesgo de extrusión, ya que están encerrados en una placa cortical más densa.
 - Sus ápices están ubicados centralmente dentro del cuerpo de la mandíbula, lo que limita la propagación del irrigante (Vivekananda Pai, 2023).

Por todo ello, se debe tener presente que el riesgo de accidentes por NaClO depende de múltiples factores, incluyendo la madurez radicular del diente, su ubicación en la arcada, la morfología dental y la densidad ósea circundante. Por lo cual, estos factores

deben ser cuidadosamente considerados por el operador para minimizar el riesgo de complicaciones durante el tratamiento endodóntico.

- Proximidad al seno maxilar

Debido a que el hueso es más delgado alrededor del ápice de la raíz en los dientes cercanos al seno maxilar, tienen un mayor riesgo de accidente por NaClO. Dado que el seno maxilar no es un espacio cerrado, el NaClO extruido puede evacuarse a través de las fosas nasales con una duración limitada de contacto con el tejido en el seno. Esto influye en la manifestación, la extensión y el resultado en comparación con la extrusión de NaClO en los tejidos perirradiculares (Vivekananda Pai, 2023).

- Presencia de defectos en la raíz

La presencia de defectos en la raíz es un factor de riesgo significativo para los accidentes con NaClO. Cualquier alteración en la integridad estructural de la raíz puede facilitar la extrusión del irrigante hacia los tejidos periapicales y circundantes, aumentando la posibilidad de complicaciones (Vivekananda Pai, 2023).

Factores que aumentan el riesgo de accidentes

1. Foramen apical ensanchado:
 - Un foramen apical excesivamente grande permite una salida descontrolada del irrigante, favoreciendo su extrusión más allá del conducto radicular.
 - Esto ocurre con mayor frecuencia en dientes inmaduros o sometidos a una instrumentación excesiva.
2. Perforaciones radiculares por reabsorción:
 - La reabsorción radicular, ya sea fisiológica o patológica, debilita la estructura del diente y crea vías de comunicación con los tejidos periapicales.
 - Puede presentarse en dientes sometidos a traumatismos, enfermedades inflamatorias o procesos ortodónticos.
3. Fenestración radicular:
 - Es un defecto anatómico en el cual una porción de la raíz pierde su cobertura ósea y queda cubierta únicamente por mucosa.
 - Este defecto permite una comunicación directa entre el foramen apical y los tejidos blandos, aumentando la probabilidad de extrusión del NaClO.

- Los premolares maxilares tienen la mayor prevalencia de este defecto, lo que los hace más susceptibles a complicaciones (Vivekananda Pai, 2023).

- *Fractura radicular*

- Puede crear nuevas vías de escape para el irrigante, facilitando su extrusión y aumentando el riesgo de daño a los tejidos circundantes.

- *Presencia de defectos en la raíz*

Los defectos radiculares como forámenes ensanchados, reabsorción, fenestraciones y fracturas representan un riesgo significativo de accidentes con NaClO. El conocimiento de estas condiciones permite ajustar su técnica de irrigación para minimizar el riesgo de extrusión y mejorar la seguridad del procedimiento endodóntico.

- *Sistema de conducto radicular.*

Dientes con un sistema de conductos radiculares complejo o con múltiples raíces o conductos tienen mayores probabilidades de sufrir accidente iatrogénico por NaClO (Vivekananda Pai, 2023).

- *Tipo de ápice*

Un ápice inmaduro, abierto o ensanchado debido a reabsorción o tratamiento endodóntico defectuoso aumenta el riesgo de accidente en comparación con un ápice maduro o cerrado (Vivekananda Pai, 2023).

- *Permeabilidad apical*

Cuando el limado se realiza hasta el foramen apical conduce a un ensanchamiento involuntario de la constricción apical, aumentando el potencial de extrusión (Vivekananda Pai, 2023).

- *Estado pulpar y periapical*

La mayoría de los casos notificados han ocurrido en dientes no vitales con y sin lesión periapical. Cualquier tejido pulpar vital o sus restos en el conducto radicular, incluidos los conductos laterales, pueden resistir la extrusión de NaClO. Además, cuando el NaClO entra en contacto con cualquier resto de tejido o material orgánico, se desintegra en productos no tóxicos (Na⁺ y Cl⁻). Por el contrario, un conducto de un diente no vital o sin

pulpa puede actuar como un espacio muerto y una vía para la fácil extrusión de NaClO. Asimismo, se necesita una mayor cantidad de NaClO para una desinfección eficaz, aumentando el riesgo de accidente por NaClO.

Al igual que el tejido pulpar vital, los tejidos periapicales intactos pueden proporcionar una barrera natural, ofrecer contrapresión significativa y reaccionar con baja flexibilidad para resistir la extrusión de NaClO. Por otro lado, una lesión periapical puede facilitar la extrusión de NaClO debido a la presión negativa del tejido. Una vez extruido el NaClO, la lesión periapical puede actuar como contenedor para el NaClO extruido y evita su drenaje nuevamente a través del canal y permite que se filtre a los tejidos adyacentes o aumenta la posibilidad de contacto directo entre el NaClO y los tejidos circundantes (Vivekananda Pai, 2023).

No obstante, una lesión periapical puede minimizar el potencial de accidente de NaClO porque puede disipar la presión que causa la extrusión y evitar la infusión intravenosa de NaClO extruido debido a la falta de suministro de sangre. Además, una lesión periapical completamente rodeada por hueso cortical puede minimizar la extrusión de NaClO porque el hueso cortical es resistente a los efectos degradantes del NaClO.

Sin embargo, una lesión periapical conduce a reabsorción ósea que eventualmente causa fenestración o dehiscencia ósea y comunicación con un espacio fascial, generando con ello una alta conformidad con la presión de irrigación apical debido a la falta de contrapresión adecuada de los tejidos circundantes con potencial para una extrusión significativa de NaClO. Por lo tanto, un diente no vital o sin pulpa con lesión periapical grande o extensa es un factor predisponente significativo para el accidente de NaClO (Vivekananda Pai, 2023).

- Presencia de trayecto sinusal

Aunque se han reportado casos de accidentes de NaClO en presencia de tacto sinusal, su presencia proporciona una vía hacia la cavidad oral en lugar de hacia un espacio tisular y puede minimizar el riesgo de accidente por NaClO. Un trayecto sinusal con una abertura puede aumentar la distensión de la lesión periapical debido a la reducción o ausencia de contrapresión. Esto puede ser preocupante porque se extruiría más NaClO en

la cavidad oral, y en los tejidos perirradiculares, a través del tracto sinusal y podría causar daños a la mucosa oral (Vivekananda Pai, 2023).

- Estado periodontal

Las condiciones periodontales, incluidas lesiones endodóntico periodontales, pueden ser un factor de riesgo potencial ya que podría haber canales laterales o accesorios que pueden actuar como una vía adicional para la extrusión de NaClO (Vivekananda Pai, 2023).

2.5.3 Presión ejercida por los instrumentos de irrigación

La presión ejercida en los instrumentos de irrigación se utiliza como indicador del riesgo relativo de extrusión apical del irrigante hacia los tejidos periapicales (Boutsioukis & Gutierrez Nova, 2021).

Cuando se usa demasiada fuerza para irrigar con la jeringa, aumenta el riesgo de un accidente con NaClO. La fuerza que se aplica al émbolo de la jeringa depende de varios factores, como el género del operador, la parte de la mano o el dedo que se usa, y el tamaño de la aguja y la jeringa (Vivekananda Pai, 2023).

Existen factores que pueden aumentar la presión de irrigación, lo que eleva el riesgo de un accidente con NaClO como:

- Ampliar el conducto: Aumenta la presión si se ensancha a un tamaño 30 o más.
- Fuerza de irrigación: Usar fuerza excesiva.
- Tipo de aguja: Utilizar agujas de extremo abierto genera mayor presión apical (Singh et al., 2024) y las agujas estrechas necesitan más presión del émbolo y extruirán el irrigante a mayor velocidad que las agujas grandes, que extruyen mayor cantidad de irrigante (Berman & Hargreaves, 2022).
- Técnica: Emplear la técnica de irrigación con presión positiva.

No obstante, un accidente solo ocurre si la presión de irrigación es mayor que la resistencia que ofrecen los tejidos periapicales (Vivekananda Pai, 2023).

2.6 Consecuencias clínicas de la extrusión de hipoclorito de sodio

El derrame accidental de NaClO es altamente cáustico para los tejidos vitales y puede causar lesiones severas. Una de las complicaciones más traumáticas para el paciente ocurre cuando el irrigante se extruye hacia los tejidos perirradiculares, provocando daño tisular significativo (Kanagasingam & Blum, 2020).

Existen diversos factores que influyen en la severidad, intensidad y duración de la lesión por extrusión del NaClO:

1. Concentración del irrigante (Ortiz-Alves et al., 2022).
2. Cantidad de líquido extruido en la zona perirradicular.
3. Localización espacial del líquido extruido.
4. Proximidad a estructuras anatómicas sensibles (Berman & Hargreaves, 2022).

El NaClO puede causar una variedad de efectos adversos, dentro de los cuales se incluye:

- Ulceración de tejidos blandos.
- Hemólisis (ruptura de glóbulos rojos).
- Inhibición de la migración de neutrófilos.
- Lesión de células endoteliales y fibroblastos.
- Debilidad neurológica y parestesia.
- Necrosis de tejidos y células (Kanagasingam & Blum, 2020).

Manifestaciones clínicas de la extrusión de NaClO

Las manifestaciones varían según el tejido afectado.

1. Reacción inflamatoria y necrosis tisular

- Cuando el NaClO entra en contacto con los tejidos periapicales, se produce una quemadura química que induce necrosis tisular.
- Se desarrolla una reacción inflamatoria aguda, con edema y hemorragia localizada o que se extiende a tejidos circundantes.
- En la mayoría de los casos, los síntomas desaparecen en semanas.
- En otros casos, la inflamación y el dolor puede persistir de uno a tres meses.

2. Compromiso neurológico

- Se han reportado casos de parestesias y anestesia en el nervio mentoniano e infraorbitario, con recuperación en varios meses.

- En situaciones más severas, se han documentado parestesias permanentes del nervio facial.
3. Riesgo de obstrucción de las vías respiratorias
- La complicación más grave ocurre cuando la extrusión de NaClO compromete las vías respiratorias, generando un riesgo potencialmente mortal.
 - Si se inyecta una cantidad considerable de solución en los tejidos periapicales o si la concentración del irrigante es muy alta, la quemadura química será más severa.
 - La extrusión de NaClO puede provocar:
 - Úlceras necróticas en la mucosa.
 - Necrosis ósea circundante, manifestándose en minutos, horas o días posteriores al accidente (Ortiz-Alves et al., 2022).

2.6.1 Complicaciones inmediatas de la extrusión de hipoclorito de sodio

Las manifestaciones clínicas después de la extrusión de NaClO al tejido circundante aparecen de forma aguda y repentina (Ortiz-Alves et al., 2022). En la mayoría de los casos la reacción inicial del paciente a la extrusión de NaClO consiste en dolor intenso e inmediato (Berman & Hargreaves, 2022) y después de unos minutos suele aparecer una hinchazón difusa que se extiende intra y extra oralmente más allá del diente dañado (Ortiz-Alves et al., 2022) afectando la cara, la mejilla o los labios (Berman & Hargreaves, 2022).

Como consecuencia, pueden aparecer hematomas y equimosis faciales, asociados a la hemólisis que se produce por la perfusión hacia el tejido conectivo, compromiso nervioso, trismo, enfisema subcutáneo con crepitación (Ortiz-Alves et al., 2022) y en el caso de dientes posteriores del maxilar superior, el paciente puede experimentar trastornos oftalmológicos, dolor periorbitario, percibir sabor a cloro o irritación de la garganta (Berman & Hargreaves, 2022).

2.6.2 Complicaciones a largo plazo de la extrusión de hipoclorito de sodio

En esta condición, suele producirse parestesia, misma que llega a ser transitoria o permanente, especialmente si no se interviene inmediatamente para tratar el problema. Además de privación sensitiva, se ha registrado caso de disfunción de nervios motores como consecuencia de cambios químicos irreversibles (Berman & Hargreaves, 2022).

En aquellos casos en que la cantidad de hipoclorito de sodio que pasa al tejido sea considerable, aparecerá necrosis ósea o de tejidos blandos. En casos más severos el tejido necrótico puede ser removido en su totalidad hasta alcanzar una zona vascularizada, requiriendo múltiples procedimientos quirúrgicos (Ortiz-Alves et al., 2022).

En los dientes inferiores, la extensión a las regiones submandibular, submentoniana o sublingual puede afectar a las vías respiratorias, obligando a hospitalizar e incluso operar inmediatamente al paciente para evitar una situación que podría hacer peligrar su vida (Berman & Hargreaves, 2022).

2.6.3 Diagnóstico de la extrusión de hipoclorito de sodio

La extrusión de NaClO en el seno maxilar presenta una sintomatología diferente en comparación con otras regiones anatómicas. En estos casos, el paciente puede no experimentar dolor agudo inmediato, sino manifestaciones más sutiles como:

- Sensación del irrigante fluyendo por las fosas nasales.
- Sabor a lejía en la garganta.
- Ardor en el seno maxilar, en lugar de un dolor intenso.
- Mínimo o nulo sangrado en el conducto radicular del diente tratado.
- Ausencia de hinchazón inmediata, lo que puede retrasar el diagnóstico.
- Congestión sinusal y epistaxis (sangrado nasal) (Kanagasingam & Blum, 2020).
- Evaluación Sistemática del Grado de Lesión por Extrusión de NaClO

Para determinar el alcance del daño tisular causado por la extrusión de NaClO, es esencial realizar una evaluación exhaustiva siguiendo estos pasos:

1. Grado de Dolor

- Solicitar al paciente que proporcione una puntuación del dolor.
- Registrar el dolor en el momento inicial y realizar un seguimiento para evaluar cambios y progresión de los síntomas.

2. Examen Extraoral

- Evaluar la simetría facial.
- Determinar la extensión de la hinchazón y el hematoma, teniendo en cuenta que la lisis tisular causada por el NaClO no sigue los planos anatómicos habituales de propagación, sino que genera sus propios patrones de diseminación.

3. Examen Intraoral

- Equimosis (manchas moradas en la mucosa oral).
- Hematomas.
- Hinchazón en la mucosa cercana al diente afectado.
- Trismo: La afectación de dientes puede causar limitación en la apertura bucal.
- Evaluación del piso de boca: Confirmar si está firme o elevado para descartar compromiso de las vías respiratorias.

4. Evaluación neurológica

En Complicaciones neurológicas pueden afectar los nervios trigémino y facial, por lo que es imperante buscar signos como:

- Pérdida del surco nasolabial.
- Ángulo de la boca desviado.
- Sensación alterada, parestesia o anestesia en la región afectada.
- Síntomas oftalmológicos: Evaluar si el paciente presenta alteraciones visuales, especialmente si se ha tratado un diente anterior maxilar.

5. Evaluación de las Vías Respiratorias

- El edema inflamatorio puede comprometer la vía aérea, por lo que es crucial vigilar signos de obstrucción. Los síntomas de obstrucción inminente incluyen:
- Sibilancias agudas (estridor).
- Ronquera.
- Tos persistente.
- Respiración rápida y dificultosa.
- Manejo inmediato: Si el paciente presenta estos signos, debe ser remitido urgentemente a emergencias (Kanagasingam & Blum, 2020).

2.6.4 Manejo de la extrusión de hipoclorito de sodio

En caso de que exista una extrusión de NaClO, para el manejo inmediato de la extrusión se recomiendan las siguientes acciones:

- Aspirar NaClO del conducto radicular e irrigar con solución salina.
- Deje que el sangrado del diente continúe ya que esto ayuda a eliminar los irritantes.
- Anestesia local para alivio rápido del dolor.
- Apósito intraconducto con hidróxido de calcio.

- El diente afectado no debe dejarse abierto para drenar, ya que esto introducirá más contaminantes que pueden complicar y comprometer el pronóstico endodóntico. Sin embargo, si no se puede controlar el exudado, el diente no debe dejarse abierto más de 24 horas.
- Prescribir analgésicos (paracetamol 1 g una vez al día e ibuprofeno 400 mg una vez al día utilizados alternativamente cada 4 horas si es necesario).
- Descongestionante nasal si está afectado el seno maxilar (verifique que la fórmula contenga analgésicos).
- Considere la necesidad de antibióticos para prevenir una infección secundaria y/o si el paciente tiene un sistema inmunológico comprometido (amoxicilina 500 mg tres veces al día durante 5 a 7 días).
- Compresas frías durante las primeras 24 horas para reducir la hinchazón.
- Radiografía periapical para identificar la causa y la ubicación de la extrusión y para realizar un seguimiento. Realizar una tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en casos más graves en los que se sospeche un mayor daño tisular.
- Evaluar la gravedad de las lesiones y considerar la derivación a la Unidad Maxilofacial.
- Las preocupaciones relacionadas con el compromiso de las vías y la dificultad respiratoria requerirán atención de emergencia.
- Informar al paciente sobre la posible causa de la extrusión de NaClO y las posibles complicaciones.
- Dar tranquilidad.

Manejo de la extrusión después de 24 horas

En este contexto, es preciso realizar una revisión para determinar la gravedad de las lesiones mediante la evaluación del dolor, la extensión de la hinchazón, la equimosis y la presencia de ulceración y/o necrosis de la mucosa (considerar la derivación), al mismo tiempo, deben considerarse los siguientes aspectos:

- Compresas tibias y enjuagues con solución salina tibia para estimular la microcirculación (durante 1 semana).
- Analizar el tratamiento definitivo del diente (tratamiento endodóntico o extracción).
- Después de 1 a 2 semanas, efectuar una revisión para reevaluar secuelas clínicas y gravedad de las lesiones.

- Si la curación no es satisfactoria, considere derivar al paciente a la Unidad Maxilofacial.
- Si la curación es satisfactoria, continuar con el tratamiento endodóntico (considerar irrigante alternativo).
- Cuando ocurren defectos en los tejidos blandos, cicatrices y parestesias, el paciente puede requerir tratamientos adicionales, como rellenos, implantes y transferencia de grasa de Coleman (Kanagasingam & Blum, 2020).

2.7 Medidas preventivas y recomendaciones clínicas

Algunas recomendaciones sobre cómo reducir las posibilidades de accidentes con NaClO incluyen controlar la fuerza sobre la jeringa de irrigación, ajustar la longitud de trabajo de la aguja de irrigación, utilizar una aguja con ventilación lateral, mantener la aguja suelta y en constante movimiento mientras se irriga. Sin embargo, en algunas situaciones clínicas, incluso seguir estas pautas puede no ser suficiente para prevenir accidentes con NaClO.

Se ha planteado la hipótesis de que es más probable que ocurra un accidente de NaClO cuando la solución tiene acceso directo a un espacio de tejido blando, en lugar de a través del simple contacto directo con el hueso periapical. Esta situación específica podría ocurrir cuando el ápice anatómico de un diente fenestra a través del hueso cortical alveolar suprayacente o cuando es perforado por una enfermedad periapical.

2.7.1 Técnicas para minimizar el riesgo de la extrusión de hipoclorito de sodio

La mayoría de los accidentes por extrusión de NaClO podrían prevenirse mediante una correcta evaluación del trabajo a realizar y tomando precauciones para prevenir incidentes futuros, de acuerdo con los siguientes elementos:

- Toma de historia: Incorporar preguntas sobre alergias a productos de limpieza que contienen cloro para identificar a los pacientes que pueden ser alérgicos al NaClO.
- Preevaluación del diente: ¿La radiografía preoperatoria revela perforaciones existentes? ¿Los ápices radiculares se proyectan hacia el seno maxilar o están cerca del conducto dentario inferior? ¿El diente tiene ápice inmaduro? ¿Hay evidencia de reabsorción radicular? Cuando se deriva al endodoncista, incluya toda

la información relevante, por ejemplo, si sospecha que se ha producido una perforación (Kanagasingam & Blum, 2020). La posición anatómica del ápice puede hacer que algunos dientes sean más propensos a un accidente por NaClO (Souza et al., 2021).

Se ha recomendado el uso de CBCT preoperatoria para identificar los factores de riesgo anatómicos para ayudar a anticipar cuándo es probable que ocurra un accidente (Souza et al., 2021).

- Control de longitud de trabajo: Es necesario confirmar la longitud de trabajo. Mida la profundidad de inserción de la aguja utilizando una regla y un tapón de goma, también hay que asegurarse de que siempre le falten al menos 2 mm para alcanzar la longitud de trabajo (Kanagasingam & Blum, 2020).
- Técnica de riego: debe evitarse el empleo del pulgar o la palma de la mano para presionar el émbolo, ya que esto generará mayor fuerza. Un método más seguro sería presionar suavemente hacia abajo con el dedo índice. Durante la irrigación, no debe trabarse la punta de la aguja; asimismo hay que corroborar que la aguja se mueve libremente en el canal antes de inyectar el irrigante. Como precaución adicional, exprima el irrigante en la salida (Kanagasingam & Blum, 2020).
- Evitar la sobreinstrumentación.
- No forzar la jeringa dentro del conducto.
- La toxicidad del NaClO puede reducirse disminuyendo su concentración y contrarrestando con un aumento de la temperatura y el tiempo de irrigación en el conducto (Ortiz-Alves et al., 2022).

Consideraciones clínicas para minimizar el riesgo

- Evitar la sobreinstrumentación apical en dientes con ápices ensanchados o reabsorción radicular.
- Reducir la presión de irrigación en dientes con defectos radiculares conocidos.
- Usar sistemas de irrigación con presión negativa.
- Realizar estudios radiográficos previos para identificar defectos radiculares antes del tratamiento.

2.7.2 Educación y entrenamiento clínico

Los dentistas generales o recién graduados tienen un riesgo mayor de accidentes con NaClO que los endodoncistas, ya que estos últimos tienen mayor experiencia y conocimiento, por lo que el riesgo de accidentes es menor. Si el profesional carece de capacitación o conocimiento sobre el uso del NaClO, el riesgo de un accidente aumenta (Vivekananda Pai, 2023).

Por lo que se podría decir que un alto nivel de formación y habilidad en los profesionales que realizan endodoncia otorgara habilidad clínica, lo que podrían prevenir o reducir el riesgo de extrusión apical del irrigante (Kleier et al., 2008; Vivekananda Pai, 2023), además de un diagnóstico y manejo rápido del accidente con NaClO reduce la gravedad de las consecuencias, incluidos posibles problemas médico-legales (Vivekananda Pai, 2023).

2.8 Aspectos legales y éticos en la extrusión del irrigante

En caso de que el irrigante, en este caso el NaClO, se extruya durante el tratamiento endodóntico, se deben seguir protocolos éticos y legales. Esto incluye informar al paciente sobre el procedimiento a realizar, obtener el consentimiento informado para la realización del tratamiento, informar al paciente sobre los riesgos, documentar la complicación si ocurre y saber cómo manejar la situación de manera inmediata, para minimizar el daño. Es crucial que el profesional tenga conocimiento actualizado sobre los protocolos de tratamiento necesarios para el bienestar del paciente y evitar problemas legales.

2.8.1 Responsabilidad profesional

El manejo del NaClO en endodoncia conlleva responsabilidades profesionales y riesgos médico-legales. Para minimizar estos riesgos, es fundamental adoptar medidas preventivas y contar con un enfoque estructurado en la comunicación con el paciente. El uso de NaClO debe realizarse con estricto control y protocolo, ya que un manejo inadecuado puede derivar en complicaciones graves y potenciales implicaciones legales y éticas.

Las estrategias para reducir el riesgo médico-legal incluyen:

1. Capacitación y conocimiento del operador sobre el manejo seguro del NaClO.

2. Uso de técnicas de irrigación seguras, como presión negativa y control de la profundidad de inserción de la aguja.
3. Registro detallado en la historia clínica de la técnica utilizada y las precauciones tomadas durante el procedimiento.
4. Consentimiento informado claro y estructurado, explicando al paciente los riesgos y posibles complicaciones.

Pretratamiento

Antes del procedimiento, es fundamental:

- Informar al paciente sobre la posibilidad de complicaciones relacionadas con NaClO, utilizando términos sencillos y comprensibles.
- Obtener un consentimiento informado válido, documentando que el paciente ha sido advertido de los riesgos.
- Registrar en la historia clínica toda la información relevante sobre el consentimiento y las explicaciones dadas al paciente.

Importante: Explicar un accidente con NaClO después de que ha ocurrido puede ser percibido por el paciente como una excusa, lo que debilita la defensa médico-legal del operador.

Por esta razón, es esencial contar con protocolos claros de manejo de accidentes y procedimientos para la exposición a sustancias peligrosas. Tener un plan de acción estructurado y bien documentado puede ser clave en la defensa del profesional en caso de una demanda médico-legal.

Durante el tratamiento

La manipulación del NaClO requiere precauciones rigurosas para minimizar el riesgo de accidentes y proteger tanto al paciente como al operador.

Medidas preventivas para reducir el riesgo de complicaciones

Para garantizar una irrigación segura, se recomienda:

1. Evaluación previa del paciente: Identificar condiciones anatómicas o patológicas que puedan aumentar el riesgo de extrusión de NaClO.
2. Uso de dique de goma: Asegurar el aislamiento absoluto del campo operatorio.

3. Confirmación de la longitud de trabajo: Utilizar localizador de ápice y radiografías periapicales para evitar la sobreinstrumentación.
4. Selección de la aguja de irrigación:
 - Utilizar agujas de extremo cerrado y con ventilación lateral.
 - Mantener la aguja libre dentro del conducto sin forzar su inserción.
5. Control de la presión de irrigación: Aplicar presión suave y constante para evitar la extrusión apical.
6. Considerar el uso de NaClO en menor concentración (1-3%), especialmente en casos de dientes inmaduros o con ápices abiertos.

Manejo de un accidente con NaClO

Si ocurre un accidente con NaClO durante el tratamiento:

1. Informar al paciente de inmediato: Explicar con claridad la situación y los pasos a seguir.
2. Indicar el tratamiento adecuado: Dependiendo de la severidad del caso, puede ser necesario un manejo hospitalario inmediato.
3. Documentar el incidente: Registrar todos los detalles del evento en la historia clínica, incluyendo:
 - Descripción del incidente.
 - Medidas tomadas.
 - Respuesta del paciente.
 - Seguimiento y evolución clínica.
4. Seguimiento y atención postoperatoria: Monitorizar al paciente para evaluar la progresión de síntomas y la respuesta al tratamiento.

Post tratamiento

Es fundamental seguir un protocolo estructurado para garantizar el bienestar del paciente y proteger la responsabilidad profesional del operador.

1. Documentación del incidente

Registrar el evento en la historia clínica, incluyendo:

- Fecha y hora del incidente.
- Descripción detallada de lo sucedido.
- Técnica de irrigación utilizada.
- Concentración y volumen de NaClO empleado.

- Respuesta inmediata del paciente y signos clínicos observados.
- Medidas correctivas adoptadas.
- Reporte del incidente en notas clínicas oficiales, asegurando una documentación completa y precisa (Kanagasingam & Blum, 2020).

2. Contacto con la aseguradora

Buscar asesoramiento inmediato con la aseguradora en caso de que el incidente pueda derivar en consecuencias médico-legales.

Proporcionar información detallada sobre el evento y seguir sus recomendaciones para el manejo del caso.

3. Seguimiento del Paciente

Realizar un seguimiento telefónico con el paciente para asegurarse de que haya sido visto por un médico.

Evaluar la evolución de los síntomas y orientar al paciente sobre las medidas a seguir.

4. Derivación a atención secundaria

Si el paciente requiere atención médica especializada:

Redactar un informe detallado para el médico tratante, incluyendo:

- Datos del paciente y antecedentes relevantes.
- Descripción del incidente y hallazgos clínicos.
- Medidas realizadas y recomendaciones para su manejo.
- Asegurarse de incluir toda la información necesaria para facilitar el tratamiento adecuado en el nivel secundario de atención (Kanagasingam & Blum, 2020).

2.8.2 Consentimiento informado

Los endodoncistas están legalmente obligados a obtener el consentimiento informado del paciente antes de realizar cualquier procedimiento. Este consentimiento es un proceso de comunicación estructurado en el que el clínico informa al paciente sobre los beneficios, riesgos, plan terapéutico y alternativas al tratamiento, documentando la aceptación o el rechazo del paciente (Berman & Hargreaves, 2022).

1. Requisitos del consentimiento informado

Para que el consentimiento informado sea legalmente válido, debe cumplir con los siguientes criterios:

- El paciente debe recibir toda la información necesaria para tomar una decisión fundamentada sobre su tratamiento (Berman & Hargreaves, 2022).
- Debe presentarse en un lenguaje claro y comprensible, incluyendo:
 - Alternativas terapéuticas.
 - Beneficios esperados.
 - Complicaciones posibles.
 - Consecuencias de no recibir tratamiento.
- El paciente o su representante legal debe firmar y fechar el consentimiento, dejando constancia de su aceptación.
- Cualquier cambio en el plan de tratamiento debe ser discutido nuevamente y documentado con una nueva firma (Berman & Hargreaves, 2022).

El consentimiento informado es una decisión conjunta entre el clínico y el paciente, quien tiene derecho legal a decidir si acepta o no el tratamiento propuesto.

2. Información que el endodoncista debe proporcionar

El endodoncista debe revelar personalmente la siguiente información al paciente:

- Diagnóstico del problema dental.
- Naturaleza del tratamiento o procedimiento propuesto.
- Riesgos razonablemente asociados con el tratamiento.
- Pronóstico después del tratamiento.
- Alternativas viables al tratamiento endodóntico.
- Riesgos de no recibir tratamiento.

Además, el paciente debe tener la oportunidad de hacer preguntas sobre cualquiera de los puntos anteriores (Berman & Hargreaves, 2022).

3. Importancia de la documentación

Si un paciente rechaza el tratamiento recomendado, el clínico debe documentarlo en la historia clínica.

- Si el paciente demanda alegando falta de información sobre los riesgos del tratamiento, la ausencia de documentación puede ser utilizada en su contra.
- Un paciente no puede consentir recibir atención negligente, pero si el procedimiento se realiza correctamente y ocurre una complicación inherente al tratamiento, no se considera mala praxis (Berman & Hargreaves, 2022).

4. Consideraciones clave que el paciente debe conocer

El endodoncista debe asegurarse de que el paciente entienda que:

- El tratamiento endodóntico no garantiza el éxito absoluto.
- Aunque el tratamiento suele tener una alta tasa de éxito, un pequeño porcentaje de dientes se pierde incluso con un tratamiento adecuado.
- El 2-4% de los casos presentan un exceso de obturación de los conductos radiculares, lo que puede contribuir al fracaso del tratamiento.
- El dolor postoperatorio transitorio es común y puede ser leve o moderado.
- En raras ocasiones, puede presentarse dolor intenso (Berman & Hargreaves, 2022).

5. Emergencias y consentimiento implícito

En situaciones de urgencia endodóntica, la prioridad es aliviar el dolor.

- El dolor agudo puede afectar la capacidad del paciente para tomar decisiones racionales, en estos casos, el tratamiento inicial debe ser paliativo, y en la siguiente consulta, el paciente podrá elegir entre continuar con el tratamiento endodóntico o extraer el diente (Berman & Hargreaves, 2022).
- Si el tratamiento se limita solo a medidas urgentes, debe informarse al paciente que el procedimiento realizado es temporal y que el tratamiento no está completo.
- En situaciones de emergencia, la falta de consentimiento informado puede ser defendida bajo el concepto de "consentimiento implícito", ya que una persona razonable no rechazaría el tratamiento necesario para aliviar una emergencia médica (Berman & Hargreaves, 2022).

6. Recomendaciones legales

- Se recomienda que los endodoncistas consulten con su aseguradora de responsabilidad profesional para recibir orientación específica sobre los requisitos legales en su estado o país.
- La documentación adecuada en la historia clínica es la mejor defensa ante una posible demanda (Berman & Hargreaves, 2022).
- El consentimiento informado es un requisito legal y ético en la práctica endodóntica; no solo protege al paciente, sino que también respalda la responsabilidad del profesional en caso de una complicación; la documentación adecuada y una comunicación clara con el paciente minimizan el riesgo de problemas médico-legales y mejoran la confianza en la relación clínico-paciente. En la figura 4, se muestra el formato de CI de la Asociación Mexicana de Endodoncia (tres páginas).

Figura 4. Consentimiento informado para tratamientos de endodoncia sugerido por la Asociación Mexicana de Endodoncia (Tomado de: (AMECEE), 2023).

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA TRATAMIENTOS DE ENDODONCIA		
CDEE	UNIVERSIDAD (POSGRADO)	Folio 001
CEDULA DE ESPECIALIDAD HORARIOS DE ATENCION	DOMICILIO	
Lugar y fecha _____		
Diagnóstico pulpar: _____	Diagnóstico periapical _____	
Pronóstico: _____		
Con fundamento en el reglamento de la ley general de salud, artículos 80, 81, 82 y 83 y Norma Oficial Mexicana 004-SSA3-2012 del expediente clínico. Se le informa que, como parte del requisito médico - legal, es importante que Usted o su Representante legal firme el documento a fin de que se pueda proceder a realizar el tratamiento que a continuación se describe. Léalo atentamente y pregunte todas las dudas que tenga y las posibles complicaciones que pueden llegar a presentarse. ENDODONCIA. - Es un procedimiento biomecánico, que consiste en la limpieza del sistema de conductos radiculares con la finalidad de eliminar en la medida de lo posible; bacterias, cálculos pulpaes, tejido necrótico, entre otros. Debido a que en una raíz pueden existir numerosos conductos accesorios inaccesibles a los instrumentos, pero susceptibles a sustancias irrigadoras medicadas, es posible disminuir las bacterias, pero no garantizar un espacio totalmente estéril. ANESTESICOS LOCALES. - Entiendo que los anestésicos administrados para este procedimiento son seguros y su función es interrumpir los impulsos nerviosos de manera transitoria o temporal. En caso de existir alguna alergia conocida a los anestésicos me obligo a dar aviso oportunamente al profesional. Al depositarse anestésico en los tejidos, en ocasiones, pueden presentarse ciertas reacciones como: hematomas (moretones), bloqueos de la articulación, sensación de mareo, somnolencia, falta de coordinación, taquicardia e incluso hipotimia (pérdida parcial del conocimiento). Entiendo que en mi organismo, puede llegar a presentarse una reacción alérgica súbita a los componentes anestésicos, con la consecuente aparición de: urticaria, edema de glotis e incluso shock anafiláctico, que necesitarán otros medios de reanimación e incluso atención hospitalaria. Por lo que autorizo a mi Odontólogo tratante y su personal a que realicen las maniobras necesarias para la preservación de mi vida. También entiendo que no debo consumir alcohol ni otras drogas previo a mi cita, ya que pueden alterar los efectos del anestésico en mi organismo. ALTERNATIVAS AL PROCEDIMIENTO. - La extracción del diente. PROCEDIMIENTO. - A). - Se realiza con anestesia local en una o más sesiones de larga duración, dependiendo de la complejidad y compromiso infeccioso del diente.		
COMISIÓN BENEFICIO A SOCIOS DRA. FLAVIA MARRANA DÍAZ MARGANA - DRA. CYNTHIA MERCADO VELAZQUEZ		

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA TRATAMIENTOS DE ENDODONCIA



Folio 001

Entre una sesión y otra se deja una medicación a base de hidróxido de calcio y una obturación provisional para proteger el diente en tratamiento.

B). - Una vez finalizado el tratamiento de endodoncia, el diente requerirá una nueva obturación, una nueva corona, resina, incrustación, etc., y/o un remodelado gingival y su costo es independiente del tratamiento endodóntico. Esta rehabilitación o restauración definitiva es fundamental que sea realizada dentro del menor tiempo posible (máximo 3 semanas) con el fin de sellar el tratamiento y asegurar un buen resultado.

Se me ha explicado que la única alternativa a este tratamiento de conductos es la extracción dentaria.

Así mismo y después de una amplia explicación, comprendo que durante y después del tratamiento pudieran surgir los siguientes eventos:

1. Después de la atención y entre una sesión y otra pueden aparecer o aumentar síntomas del proceso infeccioso; aumento del dolor, hinchazón de la cara, etc. que generalmente se alivian con analgésicos, antiinflamatorios y/o antimicrobianos.
2. Debido al debilitamiento que sufre un diente bajo tratamiento de conductos, variaciones anatómicas, compromiso infeccioso del hueso, calcificación de conductos, fisuras dentarias u otras situaciones complejas de prever, existe un porcentaje de dientes que sufren accidentes como fractura de instrumentos, paso de material más allá de la raíz, perforaciones dentarias, fracturas dentarias u otras lo que puede modificar el costo del tratamiento, el pronóstico del diente, y la planificación inicial pudiendo ser necesaria la extracción dentaria.
3. Ocasionalmente el diente puede requerir tratamientos adicionales, como procedimientos de cirugía apical, que significan un costo y riesgos anexos, sin embargo, siempre tendré la oportunidad de decidir la continuidad del tratamiento.
4. Después de terminado el tratamiento puede producirse cambio de coloración del diente, lo que obliga a un tratamiento correctivo estético anexo.
5. Algunos pacientes pueden responder de forma inesperada a la anestesia local, a las sustancias y materiales que se utilizan como soluciones de irrigación, selladores, diques de hule (goma) y materiales de obturación, pudiéndose presentar alergias, taquicardias y reacciones de cuerpo extraño, mismas que en casos aislados pueden llevar a complicaciones mayores.
6. Comprendo que por ser un tratamiento de tipo biológico no es factible garantizarlo ya que la respuesta favorable o no a éste, y la duración del mismo dependerá de mi organismo y los cuidados e indicaciones que yo siga.

CUIDADOS E INSTRUCCIONES POSOPERATORIOS

- Hasta que la anestesia haya desaparecido, debo ser cuidadoso, para así evitar un posible daño inadvertido a mi labio, lengua o mejilla que estarán insensibles por un par de horas.
- Evitar aplicar fuerzas desmedidas a la pieza en tratamiento (alimentos pegajosos, excesivamente duros o hábitos como comerse las uñas, morder lápices, hielo, etc.).
- Si mi tratamiento ha requerido algún medicamento (antiinflamatorio y/o antimicrobiano), debo seguir exactamente las indicaciones de la prescripción en cuanto a dosis, frecuencia y días de ingesta.
- Entiendo que puedo solicitar que se me repitan las explicaciones sobre este tratamiento en todas las fases de mi asistencia, solo con solicitarlo.

COMISIÓN BENEFICIO A SOCIOS

DRA. FLAVIA MARRANA DÍAZ MARGAÑA - DRA. CYNTHIA MERCADO VELÁZQUEZ

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA TRATAMIENTOS DE ENDODONCIA



Folio 001

Consiento que se tomen fotografías y/o videos, antes, durante y después del tratamiento con fines didácticos o de soporte. En todos los casos será resguardada la identidad del paciente; he comprendido claramente las explicaciones que se me han entregado, y el profesional que me ha atendido me ha permitido realizar todas las consultas para aclarar todas las dudas que le he planteado. Comprendo los riesgos y beneficios del tratamiento y en tales condiciones autorizo que se me realice el (los) tratamiento(s) de endodoncia respectivo(s). Una vez que está de acuerdo en aceptar el tratamiento propuesto debe firmar.

Nombre y firma Paciente o padre/tutor _____
INE del Paciente o Tutor _____

Testigo 1 _____ Testigo 2 _____

COMISIÓN BENEFICIO A SOCIOS
DRA. FLAVIA MARRANA DÍAZ MAGAÑA - DRA. CYNTHIA MERCADO VELAZQUEZ

3. Planteamiento del problema

Durante el proceso de limpieza del conducto radicular, es indispensable el uso de soluciones irrigantes para su desinfección, siendo el más frecuente el NaClO al 5.25%. Sin embargo, esta fase conlleva el riesgo de extrusión apical, pudiendo generar inflamación, dolor postoperatorio e, incluso, provocar lesiones tisulares de mayor gravedad.

Actualmente, existen diversos dispositivos de activación diseñados para disminuir la posibilidad de extrusión apical y aumentar la eficacia del procedimiento. En este sentido, se desconoce con certeza cuál de estos dispositivos logra el mejor balance entre eficacia y seguridad. La falta de evidencia comparativa y clara sobre la eficiencia y seguridad de estos dispositivos limita la toma de decisiones clínicas, poniendo en riesgo la seguridad del procedimiento y del paciente.

4. Pregunta de investigación

¿Cuál es el sistema de agitación final que genera la menor extrusión de solución durante la irrigación endodóntica?

5. Justificación

La extrusión apical del irrigante durante la desinfección del conducto radicular, puede provocar complicaciones clínicas como inflamación, dolor postoperatorio, reacciones periapicales adversas e incluso el fracaso del tratamiento. Existen, en la literatura, un número reducido de reportes de casos que describen este hecho. Al respecto se encuentran hallazgos muy variables, por ejemplo, algunos autores informan que la frecuencia de extrusión de NaClO es relativamente baja, de 0.89% (Ozdemir et al., 2022). En contraste, también se afirma que es frecuente que los clínicos hayan experimentado este incidente con NaClO en la práctica endodóntica (Vivekananda Pai, 2023). En una encuesta realizada a diplomáticos de la junta Americana de Endodoncia, 132 de 314 encuestados, es decir, el 42% respondieron haber tenido por lo menos un accidente con NaClO en la práctica clínica, mencionando que el paciente experimentó dolor repentino y agudo a pesar de la anestesia. Seguimiento de sangrado en el conducto y, en ocasiones, inflamación localizada (Kleier et al., 2008).

A pesar de que podría haber factores adicionales que podrían contribuir a la incidencia de un accidente con NaClO, la literatura sugiere que, cuando esto ocurre, el operador puede ser responsable debido a un error en la técnica de irrigación o activación usada (Ozdemir et al., 2022). Actualmente, existen diferentes dispositivos y técnicas de activación diseñados para mejorar la limpieza sin comprometer los tejidos periapicales.

Si bien existen estudios respecto a la extrusión de NaClO, éstos se han realizado con distintos sistemas de activación endodóntica y utilizando diferentes metodologías. Hasta la fecha, no se han reportado estudios que comparen los diferentes sistemas de activación, ni con la metodología propuesta en esta investigación. La relevancia de este trabajo radica en que los resultados proporcionarán información sobre cuál de los dispositivos de activación analizados presenta menor extrusión apical del irrigante. Este estudio impactará de manera positiva a los pacientes que requieran tratamiento de conductos, ya que, al conocer el sistema que genere una menor extrusión del irrigante a través del foramen apical, menor será el riesgo de complicaciones durante el procedimiento endodóntico. Por otro lado, beneficiará a los profesionales de la endodoncia, ya que enfrentarán menos situaciones de estrés por esta razón, proporcionando una mayor seguridad y, por consiguiente, un procedimiento más seguro para sus pacientes.

6. Objetivos

6.1 Objetivo general

Identificar el sistema de activación que presenta menor extrusión de NaClO más allá del foramen apical, en biomodelos 3D.

6.2 Objetivos específicos

6.2.1 Describir los métodos de agitación de los irrigantes disponibles para la desinfección del conducto radicular.

6.2.2 Comparar el volumen de irrigante recolectado del área apical *in vitro* de los cuatro sistemas diferentes de activación intraconducto.

6.2.3 Identificar cuantitativamente la extrusión apical de irrigante usando los cuatro sistemas de agitación final.

6.2.4 Determinar el sistema de agitación que implica menor extrusión de NaClO.

7. Hipótesis

7.1 Hipótesis metodológica

La extrusión apical de la solución de irrigación será significativamente menor cuando se use el sistema de activación rotatoria con punta de biopolímero Finishing Files en comparación con otros sistemas de activación sónica con polímeros, activación dinámica manual y activación ultrasónica con punta de biopolímero.

7.2. Hipótesis nula

No existe una diferencia significativa en la cantidad de extrusión generada por el sistema de activación rotatoria con punta de biopolímero Finishing Files en comparación con otros sistemas de activación sónica con polímeros, activación dinámica manual y activación ultrasónica con punta de biopolímero.

8. Metodología

8.1 Diseño de estudio

El diseño de esta investigación es experimental con un enfoque cuantitativo.

8.2 Selección de muestras

Se incluyeron 15 biomodelos en 3D diseñados para práctica endodóntica de la marca Smart Anatomy (figura 2), con conductos simulados anatómicamente a los dientes 11 (Incisivo Central Superior Derecho) y sin material biológico.

Los criterios de inclusión son:

- Conductos con raíces rectas y menos de un 15% de curvatura.
- Longitud de trabajo estandarizada a 25 mm, medida desde el borde incisal (figura 5).

Figura 5. Biomodelos de órganos dentarios 11 seleccionados para el estudio.



8.3 Preparación del conducto

Los biomodelos en 3D fueron identificados con números arábigos. Los conductos de las muestras fueron conformados utilizando la técnica corono-apical con instrumentos

rotatorios de níquel-titanio (BlueShaper de Zarc) e irrigados con NaClO al 5.25% de la marca Cloralex (NaClO para uso doméstico) durante la instrumentación. El procedimiento se muestra en las figuras 6 a 8 (Figuras 6-8). El proceso consistirá en:

- Ampliar el conducto hasta obtener un tamaño apical 40 (Z6) a 350 rpm con un torque de 4 Ncm.
- Verificar la preparación mediante el ajuste de un cono maestro de gutapercha de tamaño 40.

Figura 6. Biomodelo estandarizado a longitud de 25 mm.



Figura 7. Instrumentación de los conductos radiculares con el sistema Blue Shapper de Zarc.



Figura 8. Ampliación del conducto radicular con el instrumento Z6 Blue Shapper Zarc.



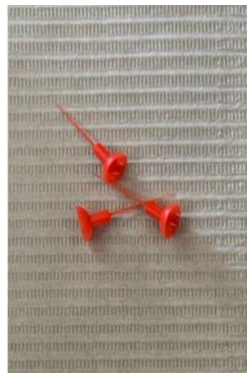
8.4 Sistemas de activación del irrigante

Los 15 biomodelos fueron sometidos a cuatro métodos de activación con NaClO, en el siguiente orden:

Sistema A: Activación sónica con polímeros (EndoActivator):

- Se utilizó la punta de polímero del tamaño 25/.04 (mediana) (Figura 9) colocada a 2 mm de la longitud de trabajo y activada a 10,000 ciclos por minuto, con movimientos verticales de 2-3 mm, durante 20 segundos.

Figura 9. Punta de polímero 25/.04 del EndoActivator.



Sistema B: Activación rotatoria con Finishing Files (20/.04):

- Se colocó la punta Finishing Files (Figura 10) en el Endo Motor Ai Yoshi Terauchi de Woodpecker RTA a 700 rpm con torque 2, realizando movimientos ascendentes y descendentes a la longitud de trabajo por 20 segundos.

Figura 10. Punta Finishing Files.



Sistema C: Activación dinámica manual:

- Se empleó una aguja endodóntica de punta ranurada (calibre 30) para irrigación, junto con un cono maestro de gutapercha (Figura 11) ajustado a 2 mm de la longitud de trabajo, realizando 3 ciclos de 35 movimientos cortos por ciclo.

Figura 11. Cono de gutapercha utilizado para la activación dinámica manual.



Sistema D: Activación ultrasónica con punta de biopolímero:

- Se utilizó un adaptador ultrasónico DTE (ED 70) con una punta de biopolímero (E74 25 mm ISO 25) (Figura 12) en el cavitron dental ultrasónico DTE D6 Woodpecker, en modo E, a una potencia 2 y activada a 2 mm de la longitud de trabajo, moviendo la punta arriba y abajo 20 segundos.

Figura 12. Adaptador ultrasónico ED 70 con la punta de biopolímero E74.

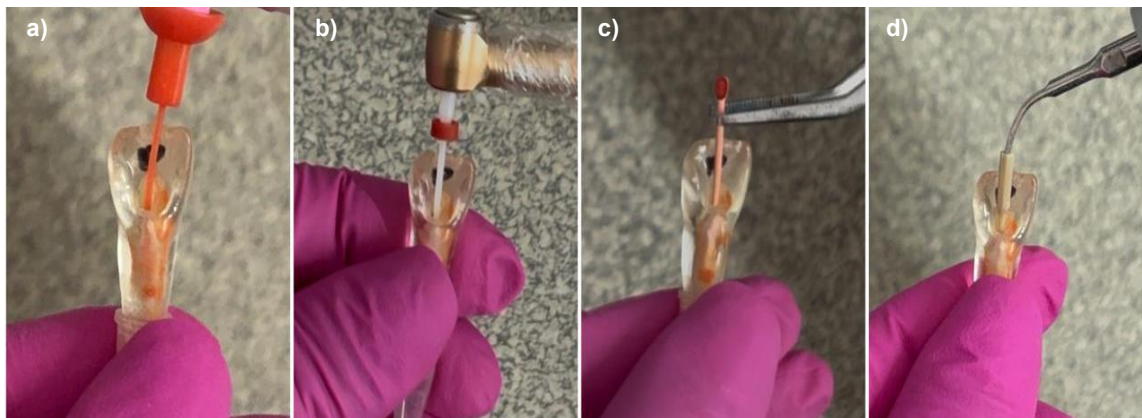


8.5 Protocolo de irrigación final

Se utilizó NaClO al 5.25% de la marca Cloralex (NaClO para uso doméstico) como irrigante para todos los protocolos de activación. La concentración requerida para este estudio fue de 50/50 (NaClO/agua). Así, el volumen a preparar fue de 50 ml, es decir, 25 ml de NaClO 5.25% + 25 ml de agua. El procedimiento de irrigación se describe a continuación:

- Llenar pasivamente la cámara pulpar y el conducto radicular con NaClO hasta la saturación con aguja endo-easy (DentsPly).
- Realizar la activación siguiendo las instrucciones específicas para cada sistema de agitación (Figura 13).
- Aplicar más irrigante pasivamente entre los ciclos de activación, hasta completar 3 ciclos.
- Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

Figura 13. Agitación final del NaClO



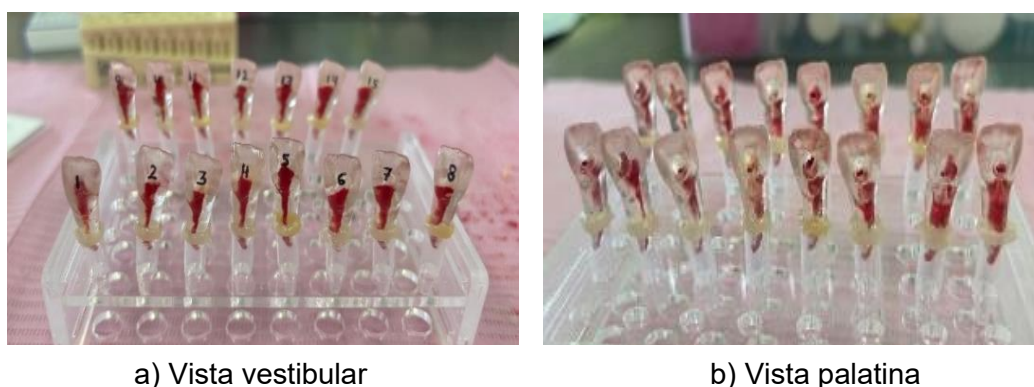
Nota: a) Sistema A: Activación sónica con polímeros (EndoActivator), b) Sistema B: Activación rotatoria con Finishing Files (20/04), c) Sistema C: Activación dinámica manual con cono de gutapercha y d) Sistema D: Activación ultrasónica con punta de polímero.

Es importante señalar que los investigadores son capacitados en el manejo del NaClO desde que inician su formación en el posgrado de endodoncia de la UMSNH. Para el control durante el uso de la sustancia irrigante, en cada fase del estudio los investigadores utilizarán barreras de protección (bata, guantes, cubrebocas y lentes de protección).

8.6 Mecanismo de recuperación de fluidos

Para recolectar el NaClO extruido a través del agujero apical, el tercio apical de los biomodelos fue introducido en microtubos Eppendorf de 200 μ L, ajustados con precisión para actuar como viales de recuperación. Los microtubos se fijaron con resina fotopolimerizable (Charisma Opal Flow fluida) y se estabilizaron en una gradilla durante el proceso de activación tal y como se muestra en la figura 14 (Figura 14).

Figura 14. Biomodelos introducidos en tubo de recolección.



Nota: Los biomodelos se encuentran numerados del 1 al 15, montados en los tubos Eppendorf para la activación del irrigante con los diferentes sistemas sellados con resina.

8.7 Evaluación de la extrusión

Al finalizar la activación con cada sistema, se procedió de la siguiente manera:

1. Separar el biomodelo del tubo Eppendorf previamente estabilizado con resina.
2. Cuantificar el volumen del irrigante extruido utilizando una micropipeta de volumen ajustable (5-50 μ L, marca BEXCO, AMBALA CANTT INDIA). Se medirán los volúmenes recolectados tanto del interior del tubo Eppendorf como de la salida del foramen apical del biomodelo.
3. Registrar el volumen recolectado de cada muestra (μ L) para cada sistema de activación.
4. Organización y registro de datos: Cada muestra será identificada y asociada con el sistema de activación utilizado. Los volúmenes recolectados se registrarán en una tabla de datos estructurada de la siguiente manera (Tabla 2):

Tabla 2. Registro de volúmenes.

SISTEMA DE ACTIVACIÓN	BIOMODELO	VOLUMEN RECOLECTADO (uL)		
		1 ^a	2 ^a	3 ^a
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
SISTEMA:	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
	15			

5. Secar el tubo Eppendorf y volver a fijarlo con resina para repetir el proceso con el siguiente protocolo (sistema de activación).

8.8 Análisis de los datos

- Se registró el volumen de NaClO extruido (μL) obtenido del tubo Eppendorf y del foramen apical de cada muestra en una tabla estructurada, organizando los datos de acuerdo con el sistema de activación utilizado.
- Para cada sistema de activación, se calculó el promedio de volumen extruido utilizando la fórmula:

Este promedio se calculó tanto para el volumen registrado en el tubo Eppendorf como para el volumen extruido por el foramen apical, con la siguiente fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$$

- Se calculó la desviación estándar para medir la variabilidad entre las muestras. Para evaluar la dispersión (desviación estándar) de los datos y la variabilidad en la cantidad de irrigante extruido, se calculó la desviación estándar mediante la fórmula:

$$s^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

- Se aplicó un ANOVA de una vía considerando un nivel de significancia $p \leq 0.05$ para determinar si existen diferencias significativas entre los métodos.
- Se utilizó la prueba de Tukey, para calcular la diferencia de medias entre cada par de grupos y se comparará con la diferencia mínima significativa.

$$Q = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}_j}{\sqrt{\frac{MS_{error}}{n}}}$$

8.9 Representación gráfica

Los resultados se presentaron mediante gráficos de barras o de dispersión, mostrando los volúmenes promedios de NaClO extruido por sistema de activación y su correspondiente variabilidad.

8.10 Interpretación

- Se analizó cuál sistema de activación produce mayor o menor extrusión del NaClO y si las diferencias entre sistemas son estadísticamente significativas.
- Se evaluó si el volumen de extrusión observado representa un riesgo clínico, considerando estudios previos sobre los efectos adversos de la extrusión de NaClO.
- Se elaboró una discusión comparativa sobre la eficiencia y seguridad de cada sistema de activación en relación con la cantidad de extrusión producida.

9. Resultados

En el presente estudio, al comparar la extrusión apical de irrigante entre los cuatro sistemas propuestos, se observó únicamente que el grupo experimental correspondiente al sistema Finishing Files (20/.04) mostró volúmenes de extrusión, con un volumen promedio de extrusión de $5.2 \pm 6.3 \mu\text{L}$, con un valor mínimo de $3 \mu\text{L}$ y un máximo de $17.56 \mu\text{L}$. Al analizar los resultados del sistema Finishing Files, de los 15 dientes evaluados, 8 de ellos (53.33%) mostraron extrusión apical y las muestras de este sistema que no presentaron extrusión corresponde al 46.66%. La tabla 3 muestra los volúmenes extruidos con el sistema B.

Tabla 3. Representación del volumen extruido (en μL) durante el proceso de activación rotatoria utilizando el sistema B, Finishing Files.

SISTEMA B				
ACTIVACIÓN ROTATORIA CON FINISHING FILES (20/04)				
BIOMODELO	VOLUMEN EXTRUIDO (μL)			
	1 ^a	2a	3a	PROMEDIO
1	1	10	5	5.33
2	0	0	0	0
3	3.74	17	20	13.58
4	0	0	0	0
5	12.2	1	11	8.06
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	35	14.2	3.5	17.56
9	0	0	9	3
10	0	0	0	0
11	4.1	7	19	10.03
12	0	0	0	0
13	1.1	6.5	6	4.53
14	0	0	0	0
15	17.5	10	18.5	15.33
X $\pm$ DS	5.2 $\pm$ 6.3			

La tabla 4 indica en cuantas de las muestras se extruyó el irrigante con el mismo sistema (Finishing Files).

Tabla 4. Extrusión apical con Finishing Files.

No. de dientes que presentan extrusión apical con el sistema Finishing Files		
	n	%
Extruido	8	53.33
Sin extrusión	7	46.66

En la tabla 5, se muestra el promedio de extrusión en el sistema B.

Tabla 5. Volumen Extruido (Media de las Muestras) con el sistema Finishing Files.

Volumen extruido mínimo de la media de las muestras	3 µL
Volumen extruido máximo de la media de las muestras	17.56 µL

Por el contrario, los sistemas EndoActivator (activación sónica con polímeros), activación dinámica manual y activación ultrasónica con punta de polímero no presentaron extrusión de irrigante en ninguna de las muestras evaluadas, con un volumen promedio de extrusión fue de 0 ± 0 µL.

Tabla 6. Representación del volumen extruido (en µL) durante el proceso de activación rotatoria utilizando el sistema A, Activación sónica con polímeros (EndoActivator).

SISTEMA A				
ACTIVACIÓN SÓNICA CON POLÍMEROS (ENDOACTIVATOR)				
BIOMODELO	VOLUMEN EXTRUIDO (µL)			PROMEDIO
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0

“Análisis de la seguridad de extrusión apical a partir de la comparación con distintos sistemas de activación en conductos radiculares”

6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
X ± DS				0

Tabla 7. Representación del volumen extruido (en μL) durante el proceso de activación rotatoria utilizando el sistema C, Activación dinámica manual.

SISTEMA C				
ACTIVACIÓN DINÁMICA MANUAL				
BIOMODELO	VOLUMEN EXTRUIDO (μL)			
	1^a	2a	3a	PROMEDIO
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
X ± DS				0

Tabla 8. Representación del volumen extruido (en μL) durante el proceso de activación rotatoria utilizando el sistema D, Activación ultrasónica con punta de polímero.

SISTEMA D				
ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA CON PUNTA DE POLÍMERO				
BIOMODELO	VOLUMEN EXTRUIDO (μL)			PROMEDIO
	1 ^a	2a	3a	
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
X $\pm$ DS				0

Adicionalmente, aunque el fabricante sugiere emplear la punta de polímero con activación ultrasónica en seis conductos, en este estudio se reemplazó cada cuatro, debido a que se presentó fractura durante la primera ronda en los biomodelos 3 y 7, al activarlas fuera del conducto.

De las 60 muestras evaluadas con los cuatro sistemas diferentes, se observó que la mayoría no presentaron extrusión apical del irrigante. 52 muestras, que representan el 86.66% del total, resultaron libres de extrusión apical. Por otro lado, un pequeño grupo de 8 muestras si presentaron este inconveniente, lo que equivale al 13.33% del total de las muestras evaluadas, estos resultados se resumen en la tabla 9.

Tabla 9. Comparación de los cuatro sistemas de activación en relación con la extrusión del Hipoclorito extruido apicalmente (μL).

	Sistema A Activación Sónica con Polímeros (Endoactivator)	Sistema B Activación Rotatoria con Finishing Files (20/04)	Sistema C Activación Dinámica Manual	Sistema D Activación Ultrasónica con Punta de Polímero	Valor de p
Extrusión Observada	No	Si	No	No	
% De Dientes con Extrusión	0%	53.33%	0%	0%	0.066
Volumen Extruido (μl)					
DS	0	6.27	0	0	
Mínimo	0	3	0	0	
Máximo	0	17.56	0	0	
Media	0	5.16	0	0	

10. Discusión

Durante la realización de un procedimiento endodóntico, alcanzar el tercio apical y asegurar una correcta desinfección en esta zona resulta de suma importancia. Para lograr este objetivo, es necesario emplear volúmenes adecuados de irrigante (Boutsioukis & Arias-Moliz, 2022; Haapasalo et al., 2010).

No obstante, los irrigantes deben administrarse de manera controlada para evitar riesgos, ya que, desde un punto de vista clínico, la extrusión apical puede ocasionar diversas complicaciones en el paciente, tales como dolor postoperatorio, inflamación, hematomas, necrosis de tejidos periapicales o parestesia (Kanagasingam & Blum, 2020; Parkar et al., 2024).

Se han propuesto diversos factores que influyen en la extrusión del irrigante hacia tejidos periapicales durante el tratamiento de conductos. Reconocer la importancia de estos factores permite minimizar el riesgo de extrusión del NaClO durante el tratamiento endodóntico.

Respecto a los sistemas de activación de los irrigantes, los resultados obtenidos en este estudio evidencian que el sistema Finishing Files mostró una mayor tendencia a la extrusión apical en comparación con los otros sistemas evaluados.

La media fue de 5.2 ± 6.3 μL de irrigante extruido, con un rango entre 3 μL y 17.56 μL , estos resultados refuerzan el hecho de que más de la mitad de los dientes evaluados con este sistema (53.33%) presentaron extrusión. Esta tendencia a presentar mayor volumen de extrusión puede explicarse por las características propias del instrumento, ya que el fabricante recomienda la activación de la punta Finishing Files a longitud de trabajo, lo que favorece el desplazamiento del irrigante hacia el foramen apical. Además, la conicidad del instrumento puede dificultar la fluidez del irrigante hacia la porción coronal, favoreciendo el establecimiento de una presión positiva apical, lo que genera un flujo turbulento e incrementa el riesgo de extrusión apical (Gomes et al., 2023).

En un estudio previo, Boutsoukis et al. (2010), demostraron que la extrusión apical está directamente influida por la profundidad de inserción de la punta, la anatomía del canal y el tipo de flujo generado durante la irrigación.

En contraste, y de acuerdo con las indicaciones de los fabricantes, los otros sistemas evaluados fueron activados a una distancia de 2-3 mm antes de la longitud de trabajo, lo que probablemente redujo la posibilidad de extrusión. Además, la falta de conicidad en estos instrumentos podría haber facilitado el desplazamiento del irrigante hacia la porción coronal, donde existe mayor área de escape, minimizando así la extrusión apical. En estos grupos no se observó extrusión en ninguna de las muestras.

El comportamiento observado con EndoActivator concuerda con lo descrito en estudios previos. Desai & Himel (2009), reportaron cantidades mínimas y estadísticamente no significativas de extrusión con este sistema. Rodríguez-Figueroa et al. (2014) documentaron una extrusión mínima (3-10 μ L) en dos dientes, y Yost et al. (2015) observaron que EndoActivator produjo significativamente menos extrusión que el riego fotoacústico, mostrando un comportamiento comparable al riego convencional.

Es importante señalar que el presente estudio, al igual que otros trabajos *in vitro*, no incluyó la simulación de tejidos periapicales. La ausencia de esta resistencia tisular puede haber sobreestimado los volúmenes de irrigante extruido en el grupo Finishing Files.

Por otro lado, de acuerdo con Mitchell et al. (2011), el tamaño de la preparación apical, la longitud de trabajo y el método de activación influyen directamente en el grado de extrusión apical. Los datos obtenidos en este estudio respaldan esta afirmación, ya que el sistema Finishing Files, al ser activado hasta la longitud de trabajo, presentó un mayor riesgo de extrusión en comparación con los otros sistemas activados a 2-3 mm antes del foramen apical.

11. Conclusiones

1. El sistema Finishing Files (20/.04) fue el único que presentó extrusión apical de irrigante bajo las condiciones evaluadas.
2. Los sistemas EndoActivator (activación sónica con polímeros), activación dinámica manual y activación ultrasónica con punta de polímero no mostraron extrusión apical.
3. La activación a longitud de trabajo, como se recomienda en Finishing Files, parece asociarse con un mayor riesgo de extrusión apical, a diferencia de los sistemas activados a 2-3 mm antes del foramen apical.
4. Debido a que el modelo experimental no incluyó tejidos periapicales, los volúmenes extruidos podrían estar sobreestimados. Por lo tanto, estos hallazgos deben interpretarse con cautela antes de extrapolarse a la clínica.
5. Considerando las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas de activación, la agitación del irrigante durante el tratamiento de conductos podría considerarse una opción efectiva y segura si se limita a 2-3 mm menos de la longitud de trabajo.

12. Perspectivas

- Realizar una comparativa estandarizando la conicidad de los sistemas de agitación.
- Ejecutar el estudio en modelos biológicos que ofrezcan resistencia al irrigante o que imiten las condiciones en vivo o que simulen los tejidos periapicales lo más posible.
- Realizar un estudio cruzado para estandarizar la longitud a la cual se van a activar los sistemas de agitación, donde se prueben a dos longitudes:
 - Activación de los sistemas a longitud de trabajo
 - Activación de los sistemas 2-3 mm menos de la longitud de trabajo
- Efectuar un estudio con sistemas que operen con el mismo mecanismo de energía.

13. Referencias

- (AMECEE), A. M. d. E. C. d. E. e. E. A. C. (2023). *Consentimiento informado*. <https://amecee.org/wp-content/uploads/2023/06/CONSENTIMIENTO-INFORMADO-05062023.pdf>
- Al-Jadaa, A., Saidi, Z., Mahmoud, M., Al-Taweel, R., & Zehnder, M. (2023). Assessment of Irrigant Agitation Devices in Simulated Closed and Open Root Canal Systems. *J Endod*, 49(4), 438-444 e436. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.01.002>
- Berman, L. H., & Hargreaves, K. M. (2022). *Cohen. Vías de la pulpa*. Elsevier Health Sciences.
- Boutsioukis, C., & Arias-Moliz, M. T. (2022). Present status and future directions - irrigants and irrigation methods. *Int Endod J*, 55 Suppl 3(Suppl 3), 588-612. <https://doi.org/10.1111/iej.13739>
- Boutsioukis, C., & Gutierrez Nova, P. (2021). Syringe Irrigation in Minimally Shaped Root Canals Using 3 Endodontic Needles: A Computational Fluid Dynamics Study. *J Endod*, 47(9), 1487-1495. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.06.001>
- Boutsioukis, C., Lambrianidis, T., Verhaagen, B., Versluis, M., Kastrinakis, E., Wesselink, P. R., & van der Sluis, L. W. (2010). The effect of needle-insertion depth on the irrigant flow in the root canal: evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod*, 36(10), 1664-1668. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.06.023>
- Boutsioukis, C., Verhaagen, B., Versluis, M., Kastrinakis, E., Wesselink, P. R., & van der Sluis, L. W. (2010). Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod*, 36(5), 875-879. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.026>
- Cai, C., Chen, X., Li, Y., & Jiang, Q. (2023). Advances in the Role of Sodium Hypochlorite Irrigant in Chemical Preparation of Root Canal Treatment. *Biomed Res Int*, 2023, 8858283. <https://doi.org/10.1155/2023/8858283>
- Charara, K., Friedman, S., Sherman, A., Kishen, A., Malkhassian, G., Khakpour, M., & Basrani, B. (2016). Assessment of Apical Extrusion during Root Canal Irrigation with the Novel GentleWave System in a Simulated Apical Environment. *J Endod*, 42(1), 135-139. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.04.009>
- Chubb, D. W. R. (2019). A review of the prognostic value of irrigation on root canal treatment success. *Aust Endod J*, 45(1), 5-11. <https://doi.org/10.1111/aej.12348>
- Clarkson, R. M., Moule, A. J., Podlich, H., Kellaway, R., Macfarlane, R., Lewis, D., & Rowell, J. (2006). Dissolution of porcine incisor pulps in sodium hypochlorite solutions of varying compositions and concentrations. *Aust Dent J*, 51(3), 245-251. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2006.tb00437.x>
- Desai, P., & Himel, V. (2009). Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *J Endod*, 35(4), 545-549. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.01.011>
- Dos Reis, S., Cruz, V. M., Hungaro Duarte, M. A., da Silveira Bueno, C. E., Vivan, R. R., Pelegri, R. A., Bruno, K. F., & Kato, A. S. (2020). Volumetric Analysis

- of Irrigant Extrusion in Immature Teeth after Different Final Agitation Techniques. *J Endod*, 46(5), 682-687. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.01.014>
- Endodontists, A. A. o. (2020). Irrigación. In *Glossary of Endodontic Terms*. <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/>
- Estrela, C., Estrela, C. R., Barbin, E. L., Spano, J. C., Marchesan, M. A., & Pecora, J. D. (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J*, 13(2), 113-117. <https://doi.org/10.1590/s0103-64402002000200007>
- Gomes, B., Aveiro, E., & Kishen, A. (2023). Irrigants and irrigation activation systems in Endodontics. *Braz Dent J*, 34(4), 1-33. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202305577>
- Gu, L. S., Kim, J. R., Ling, J., Choi, K. K., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2009). Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod*, 35(6), 791-804. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.03.010>
- Haapasalo, M., Shen, Y., Qian, W., & Gao, Y. (2010). Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am*, 54(2), 291-312. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2009.12.001>
- Haapasalo, M., Shen, Y., Wang, Z., & Gao, Y. (2014). Irrigation in endodontics. *Br Dent J*, 216(6), 299-303. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.204>
- Htun, P. H., Ebihara, A., Maki, K., Kimura, S., Nishijo, M., & Okiji, T. (2020). Cleaning and Shaping Ability of Gentlefile, HyFlex EDM, and ProTaper Next Instruments: A Combined Micro-computed Tomographic and Scanning Electron Microscopic Study. *J Endod*, 46(7), 973-979. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.03.027>
- Iriboz, E., Bayraktar, K., Turkyaydin, D., & Tarcin, B. (2015). Comparison of apical extrusion of sodium hypochlorite using 4 different root canal irrigation techniques. *J Endod*, 41(3), 380-384. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.11.003>
- Jiang, L. M., Lak, B., Eijssvogels, L. M., Wesselink, P., & van der Sluis, L. W. (2012). Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. *J Endod*, 38(6), 838-841. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.03.002>
- Kanagasingam, S., & Blum, I. R. (2020). Sodium Hypochlorite Extrusion Accidents: Management and Medico-Legal Considerations. *Prim Dent J*, 9(4), 59-63. <https://doi.org/10.1177/2050168420963308>
- Kleier, D. J., Averbach, R. E., & Mehdipour, O. (2008). The sodium hypochlorite accident: experience of diplomates of the American Board of Endodontics. *J Endod*, 34(11), 1346-1350. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.07.021>
- Kumar, M., Paliwal, A., Manish, K., Ganapathy, S. K., Kumari, N., & Singh, A. R. (2021). Comparison of Canal Transportation in TruNatomy, ProTaper Gold, and Hyflex Electric Discharge Machining File Using Cone-beam Computed Tomography. *J Contemp Dent Pract*, 22(2), 117-121. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34257168>
- Li, Q., Zhang, Q., Zou, X., & Yue, L. (2020). Evaluation of four final irrigation protocols for cleaning root canal walls. *Int J Oral Sci*, 12(1), 29. <https://doi.org/10.1038/s41368-020-00091-4>

- Marvaniya, J., Agarwal, K., Mehta, D. N., Parmar, N., Shyamal, R., & Patel, J. (2022). Minimal Invasive Endodontics: A Comprehensive Narrative Review. *Cureus*, 14(6), e25984. <https://doi.org/10.7759/cureus.25984>
- Mitchell, R. P., Baumgartner, J. C., & Sedgley, C. M. (2011). Apical extrusion of sodium hypochlorite using different root canal irrigation systems. *J Endod*, 37(12), 1677-1681. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.09.004>
- Mitchell, R. P., Yang, S. E., & Baumgartner, J. C. (2010). Comparison of apical extrusion of NaOCl using the EndoVac or needle irrigation of root canals. *J Endod*, 36(2), 338-341. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.10.003>
- Mohammadi, Z. (2008). Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *Int Dent J*, 58(6), 329-341. <https://doi.org/10.1111/j.1875-595x.2008.tb00354.x>
- Moreno, D., Conde, A. J., Lorono, G., Adorno, C. G., Estevez, R., & Cisneros, R. (2018). Comparison of the Volume of Root Canal Irrigant Collected by 2 Negative Pressure Needles at Different Flow Rates of Delivery. *J Endod*, 44(5), 838-841. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.01.006>
- Mozo, S., Llena, C., & Forner, L. (2012). Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 17(3), e512-516. <https://doi.org/10.4317/medoral.17621>
- Neelakantan, P., Romero, M., Vera, J., Daood, U., Khan, A. U., Yan, A., & Cheung, G. S. P. (2017). Biofilms in Endodontics-Current Status and Future Directions. *Int J Mol Sci*, 18(8). <https://doi.org/10.3390/ijms18081748>
- Ortiz-Alves, T., Diaz-Sanchez, R., Gutierrez-Perez, J. L., Gonzalez-Martin, M., Serrera-Figallo, M. A., & Torres-Lagares, D. (2022). Bone necrosis as a complication of sodium hypochlorite extrusion. A case report. *J Clin Exp Dent*, 14(10), e885-e889. <https://doi.org/10.4317/jced.59862>
- Ozdemir, O., Hazar, E., Kocak, S., Saglam, B. C., & Kocak, M. M. (2022). The frequency of sodium hypochlorite extrusion during root canal treatment: an observational clinical study. *Aust Dent J*, 67 Suppl 1, S57-S64. <https://doi.org/10.1111/adj.12924>
- Pai, A. R. V. (2023). Clinical research on sodium hypochlorite irrigation and extrusion: The gap and scope. *J Dent Sci*, 18(3), 1417-1418. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2023.05.005>
- Parirokh, M., Jalali, S., Haghdoost, A. A., & Abbott, P. V. (2012). Comparison of the effect of various irrigants on apically extruded debris after root canal preparation. *J Endod*, 38(2), 196-199. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.10.027>
- Parkar, A., Banga, K. S., Pawar, A. M., & Luke, A. M. (2024). Extrusion of Sodium Hypochlorite in Oval-Shaped Canals: A Comparative Study of the Potential of Four Final Agitation Approaches Employing Agarose-Embedded Mandibular First Premolars. *J Clin Med*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/jcm13102748>
- Pradhan, M. S., Gunwal, M., Shenoi, P., Sonarkar, S., Bhattacharya, S., & Badole, G. (2018). Evaluation of pH and Chlorine Content of a Novel Herbal Sodium Hypochlorite for Root Canal Disinfection: An Experimental In vitro Study. *Contemp Clin Dent*, 9(Suppl 1), S74-S78. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_60_18

- Reddy, B. N., Murugesan, S., Basheer, S. N., Kumar, R., Kumar, V., & Selvaraj, S. (2021). Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of Novel TruNatomy Files with Conventional Endodontic Files: An In Vitro SEM Study. *J Contemp Dent Pract*, 22(11), 1243-1249. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/35343448>
- Rodriguez-Figueroa, C., McClanahan, S. B., & Bowles, W. R. (2014). Spectrophotometric determination of irrigant extrusion using passive ultrasonic irrigation, EndoActivator, or syringe irrigation. *J Endod*, 40(10), 1622-1626. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.03.017>
- Singh, S., Zuber, M., Verekar, P. P., Shetty, T., Srikant, N., & Thomas, M. S. (2024). Irrigant dynamics of a back-to-back double side-vented needle in root canals with various tapers: a computational fluid dynamics study. *Odontology*, 112(4), 1248-1256. <https://doi.org/10.1007/s10266-024-00940-2>
- Siqueira, J. F., Jr., Rocas, I. N., Santos, S. R., Lima, K. C., Magalhaes, F. A., & de Uzeda, M. (2002). Efficacy of instrumentation techniques and irrigation regimens in reducing the bacterial population within root canals. *J Endod*, 28(3), 181-184. <https://doi.org/10.1097/00004770-200203000-00009>
- Souza, E. M., Campos, M. G., & Rosas Aguilar, R. (2021). Mapping the periapex anatomical pattern of teeth involved in sodium hypochlorite accidents: a cross-sectional quasi-experimental study. *Int Endod J*, 54(8), 1212-1220. <https://doi.org/10.1111/iej.13528>
- Tonini, R., Salvadori, M., Audino, E., Sauro, S., Garo, M. L., & Salgarello, S. (2022). Irrigating Solutions and Activation Methods Used in Clinical Endodontics: A Systematic Review. *Front Oral Health*, 3, 838043. <https://doi.org/10.3389/froh.2022.838043>
- Usta, S. N., Solana, C., Ruiz-Linares, M., Baca, P., Ferrer-Luque, C. M., Cabeo, M., & Arias-Moliz, M. T. (2023). Effectiveness of conservative instrumentation in root canal disinfection. *Clin Oral Investig*, 27(6), 3181-3188. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-04929-z>
- Violich, D. R., & Chandler, N. P. (2010). The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J*, 43(1), 2-15. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01627.x>
- Vivekananda Pai, A. R. (2023). Factors influencing the occurrence and progress of sodium hypochlorite accident: A narrative and update review. *J Conserv Dent*, 26(1), 3-11. https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_422_22
- Yuan, K., Niu, C., Xie, Q., Jiang, W., Gao, L., Huang, Z., & Ma, R. (2016). Comparative evaluation of the impact of minimally invasive preparation vs. conventional straight-line preparation on tooth biomechanics: a finite element analysis. *Eur J Oral Sci*, 124(6), 591-596. <https://doi.org/10.1111/eos.12303>
- Zou, X., Zheng, X., Liang, Y., Zhang, C., Fan, B., Liang, J., Ling, J., Bian, Z., Yu, Q., Hou, B., Chen, Z., Wei, X., Qiu, L., Chen, W., He, W., Xu, X., Meng, L., Zhang, C., Chen, L., . . . Yue, L. (2024). Expert consensus on irrigation and intracanal medication in root canal therapy. *Int J Oral Sci*, 16(1), 23. <https://doi.org/10.1038/s41368-024-00280-5>

Liliana Nava Ramos

Análisis de la seguridad de extrusión apical a partir de la comparación con distintos sistemas de activación en conducto...

 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trnoid:3117508638044

Fecha de entrega

6 oct 2025, 9:45 a.m. GMT-6

Fecha de descarga

6 oct 2025, 9:51 a.m. GMT-6

Nombre del archivo

Análisis de la seguridad de extrusión apical a partir de la comparación con distintos sistemas depdf

Tamaño del archivo

1.3 MB

101 páginas

27.463 palabras

159.946 caracteres

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Especialidad en Endodoncia	
Título del trabajo	Análisis de la seguridad de extrusión apical a partir de la comparación con distintos sistemas de activación en conductos radiculares	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Liliana Nava Ramos	0960503k@umich.mx
Director	Gabriela López Torres	gabriela.lopez.torres@umich.mx
Codirector	Alan Fabricio Cano Méndez	alan.cano@umich.mx
Coordinador del programa	Luis Alberto Pantoja Villa	luis.pantoja@umich.mx

Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	No	

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	No	
Traducción a otra lengua	No	
Revisión y corrección de estilo	No	
Análisis de datos	No	
Búsqueda y organización de información	No	
Formateo de las referencias bibliográficas	No	
Generación de contenido multimedia	No	
Otro		

Datos del solicitante	
Nombre y firma	Liliana Nava Ramos
Lugar y fecha	Morelia, Michoacán a 5 de Octubre de 2025.