



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

**Uso del ultrasonido para mejorar la eficacia en la limpieza y desinfección en el
tratamiento de conductos.**

Trabajo de Titulación para optar al título de Odontólogo

Autor:

López Velarde, Lizbet Salomé

Tutor:

Dr. Daniel Alejandro Pallo López

Riobamba, Ecuador. 2026

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Lizbet Salomé López Velarde, con cédula de ciudadanía 0606014157, autora del trabajo de investigación titulado: **Uso del ultrasonido para mejorar la eficacia en la limpieza y desinfección en el tratamiento de conductos**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autora de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a los 14 días del mes Mayo 2026.



Lizbet Salomé López Velarde

C.I: 0606014157

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Daniel Alejandro Pallo López catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias de la Salud, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación **Uso del ultrasonido para mejorar la eficacia en la limpieza y desinfección en el tratamiento de conductos** bajo la autoría de Lizbet Salomé López Velarde; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 12 días del mes de Febrero de 2026



Daniel Alejandro Pallo López

C.I: 1717621351

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Uso de del ultrasonido para mejorar la eficacia en la limpieza y desinfección en el tratamiento de conductos” por Lizbet Salomé López Velarde, con cédula de identidad número 0606014157, bajo la tutoría de Dr. Daniel Alejandro Pallo López; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 14 de mayo de 2026

Dr. Carlos Alberto Albán Hurtado
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Dra. Tania Jacqueline Murillo Pulgar
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Dra. Silvia Verónica Vallejo Lara
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

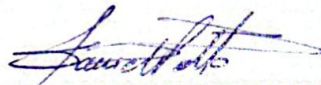




CERTIFICACIÓN

Que, **LÓPEZ VELARDE LIZBET SALOMÉ** con CC: **0606014157**, estudiante de la Carrera **ODONTOLOGÍA**, Facultad de **CIENCIAS DE LA SALUD**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**USO DEL ULTRASONIDO PARA MEJORAR LA EFICACIA EN LA LIMPIEZA Y DESINFECCION EN EL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS**", cumple con el 7 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 12 de Febrero de 2026



Dr. Daniel Alejandro Pallo López
TUTOR

DEDICATORIA

A Dios, quien es mi sostén en cada caída y mi fuerza en cada paso que doy. Cuando el cansancio fue más grande que la fe, el me levantó; cuando dudé de mí, me recordaste que todavía podía lógralo. Este logro es, todo, tuyo.

A mi mamá **Sonia**, quien es mi refugio, mi ejemplo a seguir y mi amor más grande. Gracias por tus desvelos, palabras de aliento, regaños, por tus oraciones silenciosas de amor pidiendo a Dios. Gracias por nunca dejar de creer en mí, incluso cuando sentía que había perdido esta batalla. Todo lo que soy es por ti.

A mi papá **Patricio**, gracias por tu amor infinito, por tu sacrificio, tu esfuerzo diario y tu manera tan sutil de cuidarme. Gracias por enseñarme con el ejemplo que los sueños se alcanzan con perseverancia y trabajo. Todo esto es posible gracias a ti.

A mi hermano **Dieguito**, mi profesor y guía en esta ardua carrera. Gracias por enseñarme e impartir todo tu conocimiento. Gracias por la paciencia, y por creer en mí desde el inicio. De ti aprendí que no solo es una profesión, es amor, vocación y dedicación con la que se ejerce.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento más sincero y total a la **Universidad Nacional de Chimborazo**, por ser mi segundo hogar, durante estos 5 años de aprendizaje y sacrificio, por abrirme sus puertas con mucho amor y poder cumplir el sueño de ser profesional. A su vez mi eterna gratitud a mi tutor, el Dr. **Daniel Alejandro Pallo López**, cuya orientación, dedicación y confianza en mi trabajo fueron esenciales para superar cada obstáculo de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL;

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....	14
1.1 Objetivos.....	15
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Endodoncia.....	16
2.2 Endodoncia Rotatoria.....	18
2.3 Ultrasonido.....	20
2.4 Aplicación del ultrasonido en el conducto radicular.....	25
3. CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....	30
3.1.1 Conceptualización de protocolo PRISMA.....	30
3.1.2 Formulación de la pregunta PICO.....	30
3.1.3 Procedimiento de recuperación de la información y fuentes documentales....	30
3.1.4 Criterios de selección para limitar la búsqueda.....	30
3.1.5 Aplicación de los operadores booleanos.....	31
4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	34
4.1 Resultados.....	34
4.2 Discusión.....	40
5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.....	42

5.1 Conclusiones.....	42
5.2 Recomendaciones	43
BIBLIOGRAFÍA	44

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Pregunta PICO.....	30
Tabla 2. Operadores Boleanos.....	31
Tabla 3. Comparación de Ultrasonido vs Métodos tradicionales.....	34
Tabla 4. Ventajas y Limitaciones del Uso del Ultrasonido.	37
Tabla 5. Ventajas y Limitaciones del Método Convencional.....	38
Tabla 6. Protocolos de Activación del Ultrasonido y su eficacia clínica.	39

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Diagrama de flujo del método PRISMA.....	33
--	----

RESUMEN

La limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares constituyen el pilar fundamental para el éxito a largo plazo del tratamiento endodóntico. A pesar de los avances en instrumentación, la complejidad anatómica de los conductos y la formación del barrillo dentinario representan desafíos críticos que la irrigación manual convencional no logra resolver por completo. **Objetivo:** Analizar la eficacia del uso del ultrasonido para optimizar la limpieza y desinfección en el tratamiento de conductos radiculares. **Metodología:** Se realizó una investigación de tipo bibliográfica y de nivel descriptivo. Se empleó la metodología PICO para formular la pregunta de investigación y se ejecutó una búsqueda sistemática en bases de datos científicas (PubMed, Google Scholar) utilizando operadores booleanos y criterios de selección específicos para identificar protocolos y efectos clínicos del ultrasonido. **Descripción de recolección de datos:** La información se recolectó mediante la revisión de literatura académica contemporánea, centrada en comparar técnicas manuales frente a ultrasónicas, evaluando variables como la remoción del barrillo dentinario y la reducción de la carga bacteriana. **Resultado más importante:** La Activación Ultrasónica Pasiva (PUI) demostró ser significativamente superior a la irrigación manual convencional, logrando eliminar el fenómeno de "vapor lock" en el tercio apical y permitiendo que el irrigante penetre en áreas de alta complejidad anatómica como istmos y conductos laterales. **Conclusión:** El ultrasonido se consolida como el estándar de oro en la endodoncia moderna. Su capacidad para generar microcorrientes acústicas y cavitación transforma la irrigación de un proceso pasivo a una dinámica activa de limpieza profunda, mejorando drásticamente el pronóstico clínico y reduciendo el dolor postoperatorio.

Palabras clave: Endodoncia, Ultrasonido, Irrigación Ultrasónica Pasiva (PUI), Desinfección, Conductos radiculares.

ABSTRACT

Cleaning and disinfection of the root canal system are essential for the long-term success of endodontic treatment. Despite advances in instrumentation, the anatomical complexity of root canals and the formation of the smear layer remain significant challenges that conventional manual irrigation cannot fully overcome.

This study aimed to evaluate the effectiveness of ultrasonic activation in enhancing root canal cleaning and disinfection. A descriptive bibliographic review was conducted using the PICO framework to formulate the research question. A systematic search was performed in scientific databases, applying Boolean operators and specific inclusion criteria to identify relevant studies on ultrasonic protocols and their clinical outcomes.

The analysis focused on comparing manual and ultrasonic irrigation techniques, particularly in terms of smear layer removal and bacterial load reduction. The most significant finding was that passive ultrasonic irrigation (PUI) is markedly more effective than conventional methods. It facilitates the elimination of the vapor lock effect in the apical third and improves irrigate penetration into complex anatomical areas, such as isthmuses and lateral canals.

In conclusion, ultrasonic activation has emerged as a key approach in modern endodontics. Its ability to generate acoustic microstreaming and cavitation transforms irrigation into an active and dynamic process, significantly improving treatment outcomes and reducing postoperative pain.

Keywords: Endodontics, Ultrasound, Passive Ultrasonic Irrigation (PUI), Disinfection, Root Canal System.



Revised by
Mario N. Salazar
0604069781

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCION.

Un exitoso tratamiento en el área de Endodoncia se mide especialmente por la eficacia de la limpieza y desinfección de los conductos radiculares, pero también a su vez esta eficacia puede estar alterada por la anatomía de los conductos radiculares que presenta cada pieza dental, esto determina una limitación considerablemente en la eliminación total de microorganismos, y residuos que se encuentran en los conductos radiculares al realizar la instrumentación de manera manual convencional. Estudios han demostrado que alrededor de un 35% de la superficie total del conducto radicular puede no ser desinfectada de una adecuada manera por la instrumentación, lo que pone en duda la efectividad y calidad del tratamiento. (1)

Este reto surge por la morfología y anatomía que presentan los conductos radiculares, adicionando la inadecuada irrigación por parte del operador, aplicando técnicas ambiguas como la manual mecánica, esto se debe a que la complejidad anatómica de la raíz y a la variabilidad de técnicas con protocolos de irrigación y desinfección en los conductos, pueden generar una limitación de incorporar nuevas técnicas y tecnología avanzada para esta problemática. La secuela principal de esta condición es el constante fracaso en el tratamiento endodóntico y las infecciones con recidiva. (2)

La desinfección de los conductos radiculares constituye un pilar esencial para garantizar la calidad del tratamiento endodóntico a nivel global. Se menciona que en Estados Unidos y en otros países con un elevador estándar clínico, se ha fomentado la constante implementación de varias técnicas destinadas a la limpieza y desinfección de los conductos radiculares. Entre ellas, una de las principales técnicas que se destaca por su efectividad es el uso de hipoclorito de sodio (NaOCl) activado mediante el uso de ultrasonido por su reconocida eficacia antimicrobiana. (3)

En Latinoamérica, en la práctica clínica se puede evidenciar que existe una baja implementación de estas técnicas, se determina que los operadores reconocen los beneficios de la activación del irrigante con ultrasonido, pero persisten limitaciones a nivel económico y logístico que dificultan la incorporación de equipos como el ultrasonido en la práctica diaria. (4)

Esta limitada implementación de técnicas como el uso de ultrasonido en la irrigación se evidencia en la práctica clínica ecuatoriana.

En la Universidad de Guayaquil, el campo de la práctica clínica de endodoncia comenzó a incorporar este tipo de métodos de activación de irrigantes mediante el uso del ultrasonido. Estudios recientes demuestran que el uso del hipoclorito de sodio activado ultrasónicamente mejora significativamente la limpieza y desinfección de los conductos especialmente en zonas de difícil acceso. (5)

Abordar esta problemática es fundamental, ya que influye directamente en el éxito o fracaso del tratamiento endodóntico. La importancia de abordar esta problemática radica en el impacto directo que ejerce sobre la salud oral de la población y en la necesidad de elevar los estándares clínicos en el área de endodoncia. (6)

1.1 Objetivos

1.1.1.1 General

- Analizar el uso del ultrasonido para mejorar la eficacia en la limpieza y desinfección en el tratamiento de conductos.

1.1.1.2 Específicos

- Comparar los efectos del uso del ultrasonido con los efectos del método tradicional manual en la limpieza y desinfección en el tratamiento de conductos.
- Evaluar las ventajas y limitaciones de la aplicación del ultrasonido como coadyuvante en el tratamiento de conductos radiculares.
- Identificar los protocolos más utilizados en la activación con ultrasonido y su relación con la eficacia clínica en la limpieza y desinfección del sistema de conductos.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Endodoncia

La endodoncia es una especialidad que abarca la odontología que es la que se dedica al estudio de la morfología, fisiología de la pulpa dental, así como de las patologías que pueden afectar a este tejido, así como a las estructuras perirradiculares. Esta especialidad integra conocimiento tanto de las ciencias básicas, así como criterios clínicos para lograr establecer un correcto diagnóstico, para lograr una prevención o tratar patologías o lesiones que alteren la pulpa y estructuras a nivel de la raíz del diente.(7)

Por este motivo, el éxito del tratamiento endodóntico depende en gran medida de la adecuada desinfección de los conductos radiculares, mediante el uso de soluciones antimicrobianas, conocidos como irrigantes, así como también instrumentos capaces de potencializar su efecto. Esto permite alcanzar zonas, sitios, donde la instrumentación por sí sola no es capaz de eliminar completamente el tejido pulpar ni los microorganismos, esto debido a la presencia de una gran cantidad de irregularidades, istmos, comunicaciones, salidas, conductos laterales, que están presentes en el sistema de conductos cabe destacar que la instrumentación mecánica manual por si sola reduce solamente un 50% las bacterias presentes en el interior de los conductos.(7)

La instrumentación tanto manual como rotatoria, produce la formación del barrillo dentinario o también conocido como smear layer, que contiene sustancias orgánicas e inorgánicas, así como microorganismos y material necrótico que quedan compactados dentro de los túbulos dentinarios debido a la acción de los instrumentos. El barrillo dentinario impide la adecuada penetración de los irrigantes en el interior de los túbulos dentinarios limitando así una adecuada desinfección.(8)

2.1.1.1 Técnicas de Endodoncia Manual

Las técnicas empleadas en la especialidad de endodoncia para realizar la preparación biomecánica, la irrigación y los distintos métodos de obturación son fundamentales para alcanzar el éxito del tratamiento. La preparación biomecánica es esencial ya que permite desinfectar de manera correcta y total los conductos radiculares y se realiza el mediante el uso de instrumental manual o rotatorio en combinación con el uso irrigante. Esta preparación consta de diferentes etapas como la exploración del conducto radicular, la determinación de la longitud de trabajo o también denominada conductometría, limpieza del conducto y como último paso la conformación del conducto. (8)

2.1.1.1.1 Técnica Apico-coronales

2.1.1.1.2 Técnica Convencional

También denominada técnica seriada, esta consiste en iniciar la instrumentación utilizando limas de pequeño calibre y avanzar de manera progresiva a calibres mayores, manteniendo la misma longitud de trabajo y entre cada cambio de lima utilizada es necesario irrigar con

un agente antimicrobiano que logre una desinfección. Este método tradicional está indicado especialmente para conductos rectos y amplios. (9)

2.1.1.1.3 Técnica escalonada:

Conocida también como técnica recíproca, telescópica o de step back; es una técnica que tiene como finalidad la preservación de la posición y forma de los conductos radiculares poniendo especial atención a nivel apical. Para aplicar esta técnica, como primer paso, se tiene que instrumentar hasta identificar a la lima apical maestra, está definida como la última lima que alcanza la totalidad de la longitud de trabajo, donde exista resistencia a nivel de las paredes del ápice. Una vez determinada, se instrumenta con limas de mayor calibre de la lima apical maestra, pero reduciendo aproximadamente 1mm en su longitud en cada inserción y entre cada lima de retroceso se utiliza la lima apical maestra para poder comprobar que siga ingresando a la totalidad en la longitud de trabajo, aspecto determinante para lograr una correcta obturación del conducto.(9)

2.1.1.2 Técnicas Corono-apicales

2.1.1.2.1 Crown down

En esta técnica, el primer paso consiste en la permeabilización de la o las entradas a los conductos radiculares, una vez lograda la permeabilidad, se usan fresas tipo Gates-Glidden para preparar el tercio medio y coronal. En la actualidad se usan fresas de tipo diamantadas para el uso en la turbina y esta nos permite hacer cortes más precisos a nivel de el esmalte y dentina, facilitando el acceso a los conductos radiculares; posterior a este paso, se determina la longitud de trabajo y se empieza a preparar el tercio apical. (10)

La técnica presenta una variedad de ventajas como la facilidad de obtener la conductometría de la pieza dental, una penetración más favorable del irrigante, así como una reducción significativa de restos y bacterias hacia la zona apical.(10)

2.1.1.2.2 Técnica de doble conicidad

En esta técnica se inicia empleando las limas de mayor calibre en la zona cervical y conforme se avanza, se introduce limas de menor calibre, añadiendo un 1mm más en la longitud inicial de trabajo, hasta alcanzar la zona apical. Es fundamental determinar tiene la longitud de trabajo ya que se amplía el conducto de manera progresiva hasta obtener la constricción apical. (11)

2.1.1.2.3 Fuerzas Balanceadas

Esta técnica se compone de varias etapas, en la primera se introduce una lima y se gira en sentido de las manecillas del reloj o también conocido como sentido horario, sin aplicar mucha presión en sentido apical. La segunda etapa de esta técnica consiste en realizar cortes de dentina, en otras palabras, la lima debe girar en sentido antihorario o en contra de las manecillas del reloj y se mantiene una presión constante y leve hacia apical. Por último, la

lima debe girar por en su totalidad de 1-2 veces en sentido horario o en sentido de las manecillas del reloj. Este procedimiento se debe repetir utilizando limas de menor calibre hasta alcanzar la constricción apical. (11)

2.2 Endodoncia Rotatoria

La técnica rotatoria consiste en preparar o limpiar los conductos radiculares utilizando limas que giran dentro de estos conductos, accionadas por motores eléctricos o electrónicos. Esta técnica permite un procedimiento más rápido, seguro y cómodo tanto como para el operador y para el paciente; ya que respeta y cumple los principios fundamentales de la instrumentación: ampliar y conferir una forma cónica al conducto radicular para facilitar la desinfección y posterior obtener un sellado eficiente y hermético. La eficacia de la técnica rotatoria depende a gran medida con la experiencia del profesional, quien debe dominar previamente el uso de diferentes sistemas rotatorios mediante practicas in vitro, antes de aplicarlos directamente en los pacientes. (12)

Un adecuado entrenamiento previo al uso de limas rotatorias requiere primero el dominio de las limas manuales y sus principios fundamentales tales como: control de fuerzas balanceadas, proteger las zonas peligro y el apoyo sobre las paredes de seguridad. Este dominio previo permite mejorar de manera significativa el manejo de la instrumentación mecánica en consideración con las piezas dentales con raíces curvas. (12)

Para aplicar la técnica rotatoria es indispensable el uso de un motor o un equipo electrónico digitalizado, una pieza de mano o contra ángulo y el uso limas rotatorias fabricadas bajo la aleación NiTi (Níquel-Titanio). Estos instrumentos deben ser accionadas por motores endodónticos con ciertas especificaciones y ajustes de una rotación constante o continua. (13)

El tipo de movimiento corresponde directamente a la dirección en la que gira el instrumento. Un motor endodóntico puede funcionar con 1, 2 o incluso 3 tipos de movimientos rotatorios, y los modelos en motores endodónticos más actuales permiten la combinación, puede ser:

- La rotación continua, que consiste en un giro constante en sentido horario o en sentido hacia las manecillas del reloj. (13)
- La rotación alterna u oscilatoria, caracterizada por giros en sentido horario y antihorario en grados iguales. (13)
- La rotación recíproca, en la cual los giros se dan en ambos sentidos, tanto en el sentido horario y antihorario en diferentes grados. (13)

La velocidad de rotación medida en revoluciones por minuto (rpm) debe mantenerse de manera constante sin oscilaciones. Esta velocidad puede variar entre 150 y 800 rpm. pero se deben ajustar los valores según el tipo de movimiento y a la lima a usar mediante botones incorporados al motor. La fuerza de acción o torque (T) medida en Newton sobre centímetro (N/cm), corresponde a la energía que libera la unidad eléctrica al generar el movimiento

rotatorio del instrumento. Este valor también es ajustado según el tipo de movimiento y el instrumento a usarse. Suele oscilar entre 0,1N/cm a 10 N/cm. (13)

El límite de resistencia tensional o control automático de torque corresponde a la pausa o detención del movimiento cuando el instrumento alcanza el valor máximo de tensión generando una posible deformación o fractura, según lo establecido por cada casa fabricante para cada motor. Es decir, si la lima rota y debido a la anatomía y morfología del conducto radicular, llega al valor límite preprogramado en su motor, la lima se detiene de manera automática. Los motores más actuales incluyen en su sistema computarizado la función “Autorreversa”, que invierte el sentido de rotación cuando se alcanza el límite de torque preestablecido, facilitando que la lima salga del conducto radicular sin riesgo de daño.(14)

Los contraángulos o piezas de mano que se acoplan al motor y en la cabeza de este se coloca la lima endodóntica, deben ser ergonómicos, livianos y de fácil manejo. Su principal función es reducir la velocidad de rotación evitando que el exceso de energía fracture las limas. Generalmente la relación de reducción en el movimiento rotatorio es de 16 revoluciones a por minuto, lo que de manera significativa disminuye las oscilaciones transmitidas al instrumento. (14)

2.2.1.1 Ventajas de la endodoncia rotatoria

El movimiento rotatorio se ha convertido en la técnica que predomina para la instrumentación de los conductos radiculares, ya que esta técnica es rápida, se permite reducir de manera notable el tiempo de trabajo, ya que el movimiento mecanizado permite tallar a velocidades significativamente mayores a la técnica manual y las revoluciones por minuto son controladas por el motor endodóntico. A su vez complementa en la rapidez del diseño y conicidad de las limas que son más amplias y efectivas. (13,14)

Cuida la anatomía y morfología inicial del conducto, por la utilización de instrumentos o limas rotatorias fabricadas bajo la aleación NiTi, que es la más flexible y que permite seguir a las curvaturas complejas de las raíces dentales, es una técnica mayormente simplificada comparada con la manual, ya que hay una reducción en el número de limas requeridas a usar y a sus diseños con una conicidad mayor, con zonas de escape que permiten mejorar la liberación de barrillo dentinario o smear layer, que es consecuencia de la instrumentación.(13,14)

Presenta mejor eficacia en el tratamiento, ya que permite la conformación cónica y con esto se consigue que los irrigantes puedan llegar a todas las paredes infectadas. A su vez presenta menor esfuerzo para el profesional, menor cantidad de estrés y comodidad para el operador y el paciente. (14)

2.2.1.2 Desventajas de la endodoncia rotatoria

Siempre existe un riesgo de fractura en conductos que son curvos, aunque con el pasar del tiempo e implantación de nuevas técnicas, sea cada vez menor. Este riesgo está dado por fatiga cíclica y fatiga torsional de los instrumentos. Además, la fuerza o tensión ejercida por los sistemas mecanizados es considerablemente superior al generado por una manipulación

digital manual. Su uso implica un costo elevado ya que es necesario la adquisición de equipos especializados, motores endodónticos, sistemas rotatorios y el dominio de esta técnica con permanente evolución tecnológica. (14)

2.2.1.3 Técnica rotatoria recíprocante

El movimiento recíprocante actualmente es la técnica más utilizada para la instrumentación de los conductos radiculares, ya que permite conformarlos y limpiarlos de manera más rápida y segura. Esta técnica consiste en alternar dos direcciones de giro, el horario en sentido de las manecillas del reloj, que van hacia la derecha y en sentido antihorario que va en contra de las manecillas del reloj hacia la izquierda. Los grados en los que se desplazan varían según cada sistema recíprocante y son establecidos por la casa fabricante. (15)

Este movimiento, surgió en el año 2008 gracias a la idea creativa del Dr. Ghassan Yared, quien utilizó la lima F2 del Sistema Protaper Universal de la casa fabricante Dentsply Maillefer, en un movimiento oscilatorio asimétrico con una diferencia de 72° entre las dos direcciones usando un motor Tecnika de la misma casa comercial. A partir de esta innovación el Dr. Yared desarrolló un proyecto junto a empresa alemana VDW y crean la lima recíprocante denominada “Reciproc” dando origen a la técnica rotatoria recíprocante. (15)

2.3 Ultrasonido

El ultrasonido es un sistema basado en la aplicación de una compleja tecnología, que permite convertir la energía vibratoria a mecánica que se utiliza para instrumentar el conducto radicular. Se denomina ultrasonido a las ondas que presentan una frecuencia que supera a las ondas audibles por el oído humano. El rango menor de frecuencia de estas ondas ultrasónicas es de aproximadamente 16 Kilociclos por segundo a la potencia. (15)

Las unidades de ultrasonidos generan vibraciones mediante energía electromagnética o piezoeléctrico dentro de un rango que va de 20-30 kHz. Ambos sistemas transforman distintos tipos en energía eléctrica. El primero corresponde a la energía electromagnética, que se produce a partir de una generación rotatoria y es la que se utiliza en industrias. (16)

El segundo sistema funciona mediante el efecto piezoeléctrico. La aplicación a una corriente eléctrica sobre un cristal, este sufre deformaciones, y que se traduce en vibraciones mecánicas. Las unidades ultrasónicas que operan bajo este principio alcanzan frecuencias que van en un rango de 25 a 40 kHz. Este tipo de sistema utiliza instrumentos especialmente diseñados de las limas tipo K y de las escofinas, conocidos como las limas endosónicas. El patrón de vibratorio de una lima ultrasónica alterna zonas sin oscilación denominados nodos y zonas de máxima vibración denominados antinodos, concentrándose la mayor intensidad en el extremo apical. (16)

El ultrasonido presenta diversas características físicas relevantes, entre ellas el sonido, la frecuencia, la velocidad de propagación, interacción con los tejidos, el ángulo de incidencia,

la atenuación, la frecuencia de repetición de pulsos, la resolución, la escala de grises y los transductores.(16)

2.3.1.1 Uso del ultrasonido en Endodoncia

En 1976, Martin y Cunningham desarrollaron un dispositivo ultrasónico conocido como Caviendo, Caulk/Dentsply. Este instrumento funcionaba con una frecuencia de entre 25 y 30 kHz e incorporaba un reservorio integrado para la solución irrigadora. Además, estos autores introdujeron el concepto de “Endosónico”, entendido como la interacción sinérgica de procesos ultrasónicos, biológicos, químicos y físicos, que, aunque actúan de manera independiente, se combinan en el ámbito clínico para optimizar los resultados terapéuticos. (17)

2.3.1.2 Propiedades físicas, mecánicas y biológicas del ultrasonido en el conducto radicular

Las propiedades del ultrasonido de mayor relevancia en endodoncia incluyen la generación de movimiento oscilatorio del instrumento, la cavitación, la microcorriente acústica y la producción de calor; la combinación de estos fenómenos con el uso del irrigante genera un efecto sinérgico que potencia de manera significativa la acción biológica del irrigante dentro del sistema de conductos radiculares. (18)

Los aparatos de sonido audible trabajan a frecuencias más bajas entre 100 a 6.000 Hz que los aparatos de ultrasonidos que trabajan a 25.000 Hz. En ambos aparatos, la lima está sujeta de manera firme en un ángulo de 60-90° grados, respecto al eje longitudinal de la pieza de mano. Las limas utilizadas en ultrasonidos presentan numerosos nodos y vientres de vibración en sentido longitudinal, mientras que los instrumentos sónicos muestran un único nodo de vibración cerca del encaje de la lima y un vientre de vibración en la punta de la lima. (18)

Los instrumentos sónicos dan lugar a un movimiento lateral elíptico, por lo que se asemejan a las limas ultrasónicas de tipo magnetostrictivo. En algunos aparatos sónicos se puede influir en el movimiento de la lima de modo que el movimiento lateral queda anulado y las vibraciones restantes se orientan en sentido longitudinal. Si bien no se dispone de evidencias científicas confirmadas, en teoría, este movimiento longitudinal podría facilitar el proceso de irrigación. Los ultrasonidos son más eficaces que los sonidos audibles para eliminar los residuos del conducto radicular, presumiblemente porque las frecuencias más altas potencian los efectos del flujo acústico y de la cavitación. (18)

2.3.1.3 Movimiento oscilatorio

El dispositivo de ultrasonidos va a generar energía acústica que, al ser transmitida al instrumento, va a causar que éste vibre con un movimiento oscilatorio característico que va a depender de la frecuencia de la vibración. Generalmente esta frecuencia va a oscilar en un rango de 20 a 50 Khz. en los dispositivos ultrasónicos y de 2 a 6 Khz. en los dispositivos sónicos. Generalmente, el diseño de los instrumentos ultrasónicos para endodoncia, van a tener una angulación de 60 a 90 grados con respecto a su eje de inserción, lo que va a ocasionar que, durante su activación, el patrón de vibración generado se produzca en forma transversal en vez de longitudinal.(19)

La oscilación de la punta ultrasónica dentro del conducto radicular lleno de irrigante genera una microcorriente acústica (*acoustic streaming*), que consiste en remolinos de fluido de alta velocidad que impactan contra las paredes dentinarias. Este fenómeno es fundamental para la eliminación del *smear layer* y la limpieza de áreas de difícil acceso como istmos y conductos laterales. Complementariamente, ocurre la cavitación, donde la rápida vibración produce burbujas de vacío que, al colapsar, liberan energía mecánica y térmica capaz de desintegrar biopelículas bacterianas. (20)

2.3.1.4 Cavitación

La cavitación se define como la formación de vacíos submicroscópicos, como resultado de vibrar un medio fluido por el movimiento alternante de alta frecuencia de la punta de un instrumento. Cuando estos vacíos hacen implosión, se crean ondas de choque que se propagan a través del medio y producen liberación de energía en forma de calor. Durante la aplicación de una lima ultrasónica dentro del conducto radicular, el irrigante va a circular por todo alrededor de la lima, debido a que las ondas acústicas van a impulsar a la solución, a circular en todas las dimensiones del sistema de conductos. (20)

Este flujo de irrigante acompañado por el movimiento oscilatorio de la lima, va a permitir la generación del efecto de cavitación, resultando en la limpieza y el desalojo de los detritos de la superficie de las paredes del conducto. (20)

La cavitación produce la remoción efectiva de todo residuo orgánico, emulsión y degradación de las proteínas necróticas remanentes y crea un efecto de succión del material orgánico suspendido en el irrigante hacia la corriente principal del movimiento de irrigación permitiendo así su desalojo. (21)

2.3.1.5 Tipos de Cavitación en el Conducto Radicular

La literatura académica distingue dos procesos fundamentales durante la activación ultrasónica:

- **Cavitación Estable:** Las burbujas oscilan en tamaño de manera rítmica con la onda sonora sin llegar a colapsar. Esto contribuye a la microcorriente acústica (*acoustic streaming*), agitando el líquido alrededor de la punta.
- **Cavitación Transitoria:** Las burbujas crecen rápidamente y colapsan de forma violenta (implosión). Este colapso genera temperaturas locales extremadamente altas y ondas de choque de alta presión que impactan mecánicamente las paredes del conducto.(21)

2.3.1.6 Mecanismos de limpieza y desinfección

- **Efecto Mecánico:** Las ondas de choque desprenden físicamente el *smear layer* (barrillo dentinario) y rompen la estructura de la biopelícula bacteriana (biofilm) incluso en zonas donde la lima no tiene acceso directo.
- **Efecto Químico:** El colapso de las burbujas genera energía térmica que eleva la temperatura del Hipoclorito de Sodio, aumentando su capacidad de disolución de tejido orgánico y su poder bactericida.

- **Acceso a la anatomía:** La energía de la cavitación fuerza al irrigante a entrar en los túbulos dentinarios, conductos laterales y deltas apicales, áreas inaccesibles para la irrigación convencional. (21)

2.3.1.7 Factores condicionantes en la Cavitación en Endodoncia

- **Potencia del Equipo:** Requiere una intensidad mínima para alcanzar el umbral de cavitación.
- **Amplitud de Oscilación:** Si la punta ultrasónica contacta las paredes del conducto, la vibración se amortigua y la cavitación cesa. Por ello, la técnica debe ser pasiva (PUI).
- **Diámetro del Conducto:** En conductos extremadamente estrechos, el volumen de líquido es tan pequeño que la cavitación puede verse limitada por la restricción física del espacio.(21)

2.3.1.8 Microcorriente acústica

Es la circulación de un fluido, inducida por las fuerzas creadas por la vibración hidrodinámica, en vecindad a un pequeño objeto vibratorio, como una lima endodóntica activada por ultrasonido. Cuando un objeto oscilante con una baja amplitud de desplazamiento es sumergido en un líquido, se forman patrones de oscilación del fluido alrededor del objeto. Estas oscilaciones van a formar corrientes en remolino, que crean un gradiente de velocidad produciendo tensiones vibratorias, de manera tal, que cualquier material biológico que entre en el área de la corriente va a ser sometido a tensiones vibratorias y posiblemente sea dañado. (21)

2.3.1.9 Dinámica de los Vórtices de Flujo

La física de este movimiento se basa en la transferencia de **momento lineal** desde el instrumento vibrante hacia las moléculas del irrigante. La **Gradiente de Velocidad**, se generan fuerzas de cizallamiento (*shear stress*) extremadamente altas en la interfase entre el líquido en movimiento y las paredes dentinarias. La intensidad de la corriente es máxima en los **antinodos** de la lima (puntos de mayor oscilación) y especialmente en la punta del instrumento, donde el flujo se proyecta hacia adelante, permitiendo limpiar el tercio apical del conducto. (22)

2.3.1.10 Importancia de la microcorriente acústica

La microcorriente acústica se establece como el principal mecanismo responsable de la elevada eficacia clínica de la Irrigación Ultrasónica Pasiva (PUI). Este fenómeno permite un desbridamiento mecánico superior, ya que el impacto continuo de los vórtices de fluido generados por la oscilación ultrasónica logra desprender detritos, restos de tejidos vitales o necróticos y el *smear layer* de las zonas más complejas del sistema de conductos, tales como istmos, ramificaciones y túbulos dentinarios. (22)

Asimismo, este flujo hidrodinámico desempeña un papel crucial en la desorganización del biofilm bacteriano. La fuerza de cizallamiento hidrodinámico resultante de la alta velocidad del fluido es suficiente para romper los enlaces de la matriz extracelular de las biopelículas, lo que facilita su desprendimiento y posterior eliminación del sistema de conductos radiculares, superando las limitaciones de los métodos de irrigación pasiva tradicionales. (22)

Finalmente, la microcorriente acústica garantiza una renovación constante del irrigante en el tercio apical. Este fenómeno facilita el intercambio de solución fresca en áreas donde la jeringa convencional tiene un alcance limitado, asegurando que agentes como el hipoclorito de sodio mantengan su potencial de oxidación y capacidad de disolución de tejidos en todo momento. Esta circulación activa previene el estancamiento del químico y maximiza su efectividad biológica durante todo el procedimiento. (22)

2.3.1.11 Factores condicionantes en la microcorriente acústica

La eficacia de la microcorriente acústica está condicionada, en primer lugar, por el denominado espacio vital del irrigante. Para que la energía ultrasónica se traduzca en una limpieza efectiva, es imprescindible que exista un volumen de fluido suficiente rodeando el instrumento; cuando el conducto radicular es extremadamente estrecho, la dinámica del líquido se transforma en un flujo laminar limitado. Bajo estas condiciones de confinamiento, el irrigante pierde la libertad de movimiento necesaria para generar los vórtices de alta velocidad que caracterizan al *streaming* acústico, disminuyendo así su capacidad de desbridamiento en las zonas más críticas. (23)

Complementariamente, la interferencia mecánica se presenta como un factor determinante que puede anular los beneficios del sistema. De manera análoga a lo que ocurre con el fenómeno de cavitación, cualquier contacto físico accidental entre la lima y las paredes dentinarias absorbe y amortigua la energía cinética de la oscilación. Este contacto rígido detiene de forma instantánea la formación de las microcorrientes, ya que la vibración del instrumento se frena antes de poder transferir su momento lineal al fluido, lo que subraya la importancia técnica de mantener la lima centrada y libre durante la irrigación ultrasónica pasiva. (23)

2.3.1.12 Generación de calor

La generación de calor y el consiguiente aumento de la temperatura resulta como producto de la energía liberada durante el efecto de cavitación, debido a la implosión de las microburbujas de gas, o también puede producirse por la fricción generada por el contacto de la lima oscilatoria con las paredes del conducto radicular. El aumento de la temperatura potencia la acción biológica del hipoclorito de sodio. Cunningham y Balekjian, observaron que el aumento de la temperatura a soluciones de hipoclorito de sodio, de una concentración de 2.6%, potenciaba su capacidad de disolver tejidos orgánicos, igualando la capacidad de soluciones, de concentración de 5.0%, utilizadas a temperatura ambiente. (23)

2.4 Aplicación del ultrasonido en el conducto radicular

2.4.1.1 Efectos sobre la dentina

El efecto de oscilación transversal del instrumento endodóntico al ser activado ultrasónicamente va a producir un efecto de corte irregular sobre las paredes dentinarias. Este efecto de corte va a depender de la carga aplicada sobre el instrumento, ya que la energía convertida en oscilación transversa es poca, por lo que puede anularse con la aplicación de una pequeña carga sobre el instrumento en sentido del eje axial del diente. (24)

La acción de corte del instrumento endodóntico va a incrementarse en forma directamente proporcional al aumento de poder en la unidad generadora. La aplicación del ultrasonido sobre la estructura dentinaria también puede producir la formación de microgrietas a lo largo del conducto radicular. Esto ha sido reportado principalmente en estudios sobre la aplicación de dispositivos ultrasónicos en la preparación retrógrada del segmento apical de la raíz dentaria.(24)

2.4.1.2 Efectos sobre la capa de desecho dentinario

La instrumentación del conducto radicular produce que las paredes de este sean recubiertas con detritos dentinarios. Esta cubierta conocida como capa de desecho, se extiende en las paredes del conducto por medio de las espiras de los instrumentos endodónticos y es bruñida sobre la superficie del conducto por los movimientos realizados durante la instrumentación. La capa de desecho dentinario está formada por virutas de dentina, mezclada con tejido orgánico, como restos de tejido pulpar, bacterias, endotoxinas, y algunas veces, restos de material de restauración.(25)

La remoción de la capa de desecho va a permitir una interfase más estrecha entre el material de obturación y las paredes del conducto, Si, por el contrario, se mantiene la capa de desecho, el sistema de conductos radiculares va a ser sellado inadecuadamente, aumentando el potencial de microfiltración, y la subsecuente disminución del porcentaje de éxito. (26)

2.4.1.3 Efectos antimicrobianos.

La combinación de los fenómenos producidos por el ultrasonido junto con los efectos antimicrobianos del irrigante, van a incrementar la desinfección del sistema de conductos radiculares. La cavitación y la microcorriente acústica van a producir la remoción de los detritos y de la capa de desecho dentinario de la superficie del conducto, así como la potenciación de la acción biológica del agente irrigante causado por el aumento de temperatura. (26)

La acción del ultrasonido va a producir la ruptura de las paredes celulares de los microorganismos, debido a la turbulencia creada por la microcorriente acústica y los cambios de presión, permitiendo que el agente antimicrobiano penetre al interior de las células rápidamente, produciendo su efecto bactericida por alguna de las siguientes acciones biológicas: liberación de radicales libres, oxidación y degeneración de las moléculas, destrucción enzimática y ruptura de la pared celular.(27)

2.4.1.4 Preparación Biomecánica

El objetivo de la instrumentación ultrasónica del conducto radicular es la preparación del conducto para lograr la limpieza químico mecánica del sistema de conductos radiculares con la eliminación de restos pulpares, microorganismos, material contaminado y limadura dentaria. Las limas activadas por ultrasonido han demostrado tener una mayor capacidad de corte del tejido dentinario que las limas activadas manualmente, debido a que las limas al ser energizadas por la onda ultrasónica se vuelven totalmente activas en su capacidad de corte. (27)

2.4.1.5 Irrigación

En endodoncia, se entiende por irrigación el lavado de las paredes del conducto con una o más soluciones antisépticas, y la aspiración de su contenido con rollos de algodón, conos de papel, gasas o aparatos de succión. La irrigación complementada con la aspiración constituye recursos insuperables para la remoción de los restos necróticos orgánicos, inorgánicos y los microorganismos hacia fuera del conducto radicular. Según Sachs lo más importante en el tratamiento de los conductos radiculares es lo que se retira de su interior y no lo que se coloca en ellos. (28)

Las propiedades que debe tener una solución irrigadora ideal para cumplir con estas funciones son: ser bactericida o bacteriostático, baja toxicidad, solvente de tejidos o residuos orgánicos e inorgánicos, baja tensión superficial, eliminar la capa de desecho orgánico, lubricante, aplicación simple, tiempo de vida adecuado, fácil almacenaje, costo moderado, acción rápida y sostenida. (28)

Durante la preparación biomecánica, se forma la capa de desecho, que está compuesta de depósitos de materia orgánica e inorgánica, tejido pulpar desbridado, procesos odontoblastos, microorganismos y células sanguíneas compactadas al interior de los túbulos dentinarios. Esa capa de desecho puede llegar a obturar parte del conducto y ser a su vez una fuente de reinfección del conducto radicular. Esta capa de barrillo dentinario debe ser retirada mediante sustancias irrigadoras y su potencialización, mediante técnicas de activación. (29)

2.4.1.5.1 Técnicas de irrigación

Las técnicas de irrigación se clasifican en dos tipos, técnicas manuales y asistidas por máquinas. Las técnicas manuales, se describen como técnicas convencionales basadas en el principio de presión positiva. La desventaja, es que no se puede limpiar el tercio apical por lo tanto presenta una alta posibilidad de una extrusión de la solución irrigante y provocarían una irritación en el tejido perirradicular, pero a pesar de la evidencia se utiliza esta técnica en la actualidad. En el año 1957, surgió que, se usaría el ultrasonido para la limpieza del conducto no solo con ondas ultrasónicas, sino también, se utilizaría el sistema de sonido para irrigación de raíces, facilitando así la limpieza y desinfección del conducto con la ayuda de diferentes sustancias irrigadoras. (29)

Para lograr este objetivo, se describen dos tipos de irrigación: la irrigación manual dinámica, la cual combina la irrigación convencional con jeringa, y realiza la activación del irrigante por medio de conos de gutapercha y las técnicas de irrigación con máquinas, como la

irrigación ultrasónica pasiva (PUI), Sónica Endo Activador , Activada por láser Er:YAG e Er,Cr:YSGG y el Sistema EndoVac, irrigación con presión negativa, estas técnicas contribuyen en la desinfección del conducto y son eficaces en la eliminación de barrillo dentinario y microorganismos. (29)

2.4.1.5.2 Técnica Convencional

Con esta técnica de irrigación convencional, la eficacia depende de la penetración del irrigante en el área apical y podría estar limitada por el tamaño y las curvaturas del canal, el tamaño de la aguja y el volumen de irrigante utilizado. En la terapia del conducto radicular, los irrigantes funcionan como lubricante durante la instrumentación del conducto y es por esta razón que se examinaron técnicas de riego/agitación: un control de riego por medio de la agitación dinámica manual (MDA) usando puntas de gutapercha dando como resultado una limpieza superior que solo con irrigación manual sola. (30)

Tradicionalmente, la irrigación se ha realizado con una jeringa de plástico y una aguja de extremo abierto en el espacio del canal, asimismo existen dos tipos de agujas, las de extremo abierto y las de extremo cerrado, de 30-G y 31-G, las cuales se utilizan de acuerdo con el volumen del irrigante, por el cual las agujas cerradas son empleadas en los casos de alto caudal. (30)

El flujo de irrigación es un requisito previo para la limpieza y desinfección del conducto radicular debido a la anatomía altamente compleja del sistema de conductos radiculares, el método estándar de irrigación manual con jeringa se ha encontrado insatisfactorio para limpiar y desinfectar la pared del conducto radicular de residuos y bacterias, por esta razón, se han introducido otras técnicas, como la presión negativa, la irrigación sónica, ultrasónica y la activada por láser.(30)

2.4.1.5.3 Técnica mecanizada

La Irrigación ultrasónica pasiva (PUI) se introdujo para aumentar la eficacia de la desinfección del canal al agitar la solución de irrigación previamente colocada dentro del canal. El riego ultrasónico pasivo (PUI) es un sistema de activación de riego que, se activa a través de micro transmisión acústica a frecuencias ultrasónicas con una lima de acero inoxidable que no toca las paredes del canal. En la literatura, se ha informado que la PUI puede afectar las biopelículas endodónticas, lo que resulta en una mejor penetración de los irrigantes a lo largo de los túbulos dentinarios. (31)

Los dispositivos sónicos se utilizan para limpiar el canal radicular y eliminar de los restos orgánicos de la pulpa y los microorganismos comprometidos. Además, se ha recomendado la eliminación de la capa de barrillo dentinario, incluidos los restos pulpares orgánicos, los desechos dentinarios inorgánicos, los microorganismos y sus subproductos, para aumentar la tasa de éxito en el tratamiento endodóntico.(31)

2.4.1.6 Limpieza y desinfección de los conductos radiculares con el uso del ultrasonido

La limpieza comienza con el desbridamiento que es la remoción de todos los irritantes existentes o potenciales del sistema del conducto radicular antes de la conformación y durante la misma. estos irritantes incluyen: caries, productos bacterianos, cálculos pulpares,

tejido necrótico, tejido vital y detritos dentinarios que se producen durante los procedimientos de conformación del conducto. (32)

El dispositivo ultrasónico se ha usado para conseguir una limpieza óptima del conducto radicular. antes de la instrumentación y a intervalos frecuentes durante ella. mediante la energía ultrasónica se activan las soluciones de irrigación en los conductos preparados. los cuales deberán lavarse o irrigarse con una solución que permita desinfectar y disolver material orgánico. Además de la acción de desbridamiento. la irrigación facilita la instrumentación, ya que lubrica las paredes de los conductos. (32)

Si se va a utilizar la activación ultrasónica de hipoclorito de sodio, resulta importante aplicar el instrumento de ultrasonido después que la preparación del conducto se haya completado. Un instrumento de libre oscilación causará mayores efectos de ultrasonido en la solución de irrigación que uno que se encuentre en contacto a las paredes del conducto, Además, las 11 limas ultrasónicas pueden causar el corte sin control de las paredes del conducto radicular, especialmente si se usan durante la preparación. (33)

Al activar el hipoclorito de sodio con el ultrasonido se producen ciertos fenómenos que son: Oscilación, cavitación, microcorriente acústica y generación de calor, van a producir efectos sobre las estructuras dentarias, especialmente sobre la dentina y la capa de barrillo dentinario, así como la potenciación de efectos antimicrobianos al utilizarse en combinación con soluciones irrigantes. (33)

La efectividad de la irrigación dependerá de la corriente y a la capacidad química de los productos irrigantes para la disolución de los tejidos, existe estudios donde se evidencia que la acción de la corriente al utilizar las jeringas es muy débil y está directamente relacionada con la anatomía del conducto radicular, al aumentar el volumen no mejora significativamente la acción de limpieza o la eliminación de detritos. (34)

Con la activación ultrasónica la limpieza del conducto radicular al aplicar el irrigante puede efectuar continuo o intermitente, investigaciones aducen que el lavado continuo es más eficaz y reduce el tiempo requerido para la irrigación por ultrasonido, en el caso del NaOCl, el cloruro es inestable y se consume rápidamente, en el primer efecto de dilución del tejido, en aproximadamente 2 minutos. Sin embargo, la cantidad de irrigante a través de la región apical del canal puede controlarse mediante la profundidad de penetración de la jeringa y el volumen del irrigante, este grado de control no es posible con la descarga continua. (34)

2.4.1.7 Limitaciones de la irrigación

La irrigación manual en endodoncia, aunque constituye el método más utilizado tradicionalmente, presenta diversas desventajas que limitan su eficacia clínica. Según Cohen y Hargreaves, este tipo de irrigación depende exclusivamente de la presión ejercida por la jeringa, lo que genera un flujo limitado del irrigante y una escasa renovación dentro del conducto radicular. Esto impide que el líquido alcance adecuadamente el tercio apical y las irregularidades anatómicas, como istmos o conductos accesorios. (34)

Además, Ingle y Bakland señalan que el uso de presión excesiva o la introducción profunda de la aguja pueden provocar la extrusión del irrigante más allá del foramen apical,

ocasionando dolor, inflamación o daño en los tejidos periapicales. Otra desventaja importante es la formación de burbujas de aire o “efecto vapor lock”, que impide la penetración del irrigante en la zona apical y disminuye su acción desinfectante. De igual forma, la irrigación manual no genera la suficiente agitación ni turbulencia para eliminar eficazmente los detritos y el barrillo dentinario, reduciendo así la limpieza del sistema de conductos. La efectividad de este procedimiento también depende en gran medida de la habilidad del operador, lo que genera variabilidad en los resultados clínicos. Finalmente, al requerir múltiples recambios de jeringa y movimientos lentos, la irrigación manual puede prolongar el tiempo operatorio y resultar menos eficiente frente a métodos activados, como los sistemas ultrasónicos o sónicos, que han demostrado una mejor capacidad de desinfección y limpieza apical (34)

2.4.1.8 Ventajas del uso del ultrasonido en la irrigación

El método de irrigación predominante entre los endodoncistas parece ser la irrigación ultrasónica pasiva. La cual ha mostrado mayor eficacia en la limpieza en zonas de difícil acceso de los canales en comparación con la irrigación convencional. (34)

La PUI parece ser un tratamiento complementario para la limpieza del sistema de conductos radiculares, asimismo muestra eficacia en la eliminación de residuos de tejido duro acumulados en los canales También demostró ser más eficaz que la activación sónica para eliminar el barrillo dentinario. (34)

Estos dispositivos de activación ultrasónica también mostraron una mayor eliminación de la medicación con hidróxido de calcio desde las paredes dentinarias a las técnicas manuales. Y una de las ventajas más importantes de las puntas ultrasónicas es que no giran, lo que brinda seguridad y control al mismo tiempo que mantiene una alta eficacia de corte.

La irrigación es crucial para la desinfección y la calidad de la obturación. Dentro de las limitaciones de este estudio, se determinó que el Endo Activador proporciona una penetración del irrigante superior en comparación con la irrigación convencional. (34)

3. CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

3.1.1 Conceptualización de protocolo PRISMA

El protocolo PRISMA es una guía metodológica que establece criterios estandarizados para la elaboración de revisiones sistemáticas, permitiendo organizar de manera transparente, rigurosa y reproducible el proceso de búsqueda, selección, evaluación y síntesis de la información científica. La metodología PRISMA se fundamenta en la transparencia y el rigor en el reporte de revisiones sistemáticas, siendo un elemento clave para garantizar la reproducibilidad y la calidad del conocimiento científico. (35)

3.1.2 Formulación de la pregunta PICO

Se elaborará esta investigación de acuerdo con el marco PICO (Población, Intervención, Comparación, y Resultado) estableciendo los criterios de inclusión y exclusión de artículos, y ensayos clínicos para las búsquedas bibliográficas en un trabajo de revisión sistemática.

Tabla 1. Pregunta PICO

<i>Componente 1</i>	<i>Componente 2</i>
P	Paciente / Problema Pacientes que requieren un tratamiento endodóntico.
I	Intervención Irrigación activada con ultrasonido.
C	Comparación Irrigación convencional sin activación ultrasónica.
O	Resultado / Outcome Mayor eficacia en la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares.

En pacientes que requieren tratamiento endodóntico, ¿la irrigación activada con ultrasonido tiene mejor eficacia en la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares, en comparación con la irrigación convencional sin activación ultrasónica?

3.1.3 Procedimiento de recuperación de la información y fuentes documentales

La planificación de búsqueda que se gestionará en la recolección de información para la elaboración del presente trabajo investigativo será empleando el uso de términos MeSH/DeCS más la combinación de boléanos en las bases de datos antes mencionadas.

3.1.4 Criterios de selección para limitar la búsqueda

- Artículos científicos publicados en los últimos 10 años.
- Artículos científicos sobre la limpieza y desinfección de conductos a través de un método convencional manual.

- Artículos científicos sobre la limpieza y desinfección de conductos a través del ultrasonido.
- Artículos científicos en español, inglés y portugués.
- Artículos científicos gratuitos y con el texto completo.

3.1.5 Aplicación de los operadores booleanos

- **Términos de Referencia:** Ultrasonido, Eficacia, Desinfección, Limpieza
- **DECS:** (Ultrasonics, Disinfection, Efficacy)

Tabla 2. Operadores Boleanos

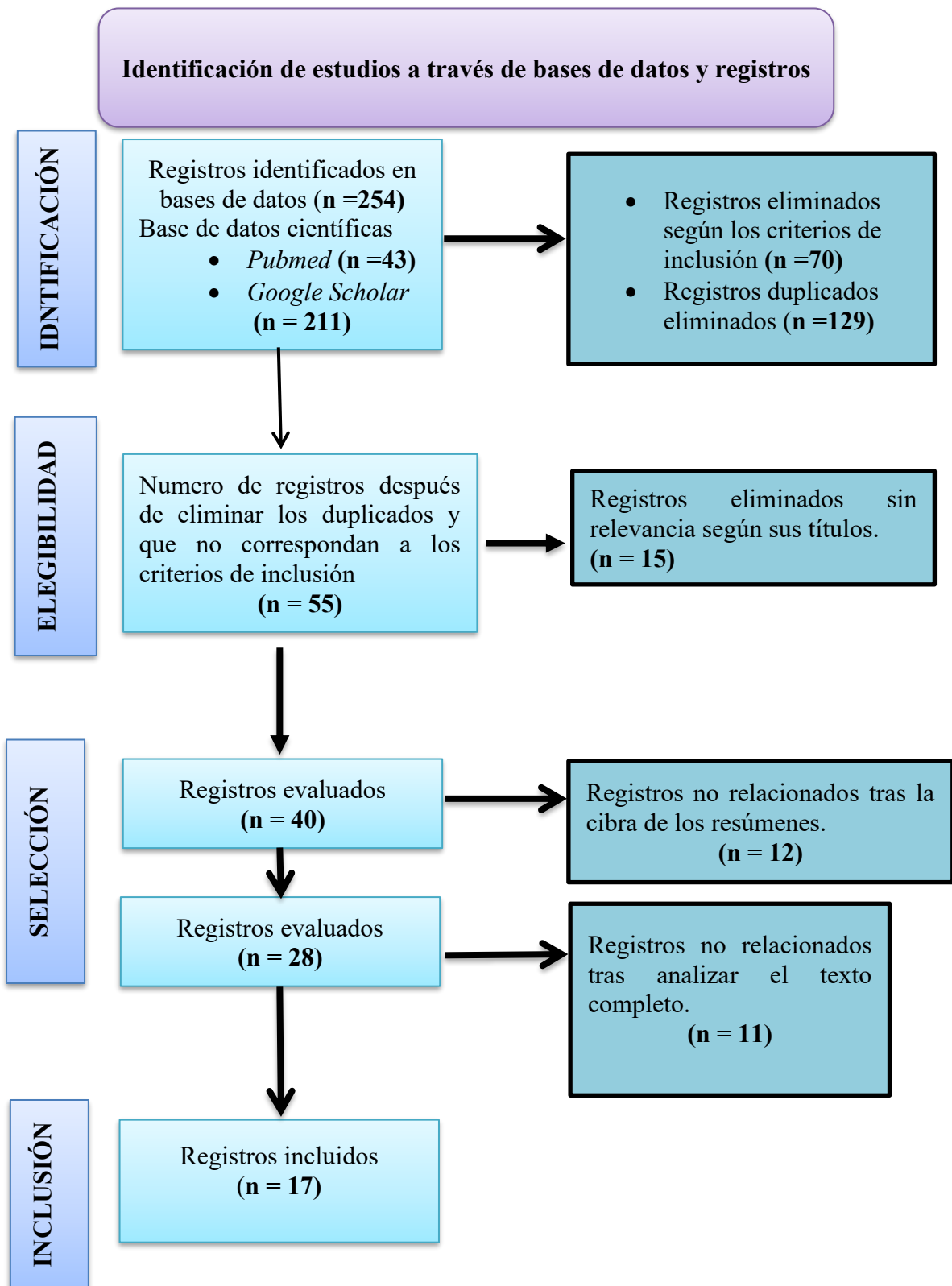
Google Académico	<ul style="list-style-type: none"> • (<i>Ultrasonics Disinfection Efficacy</i>) AND (<i>Cleaning</i>) (((<i>Use</i>) AND (<i>Ultrasonics</i>)) AND (<i>Efficacy</i>)) AND (<i>Disinfection</i>) • (("Ultrasonics"[Mesh] OR ultrasonic OR ultrasonido) AND ("Root Canal Therapy"[Mesh] OR "root canal" OR endodontic* OR endodoncia) AND ("Disinfection"[Mesh] OR disinfection OR desinfección) AND (cleaning OR limpieza) AND (efficacy OR effectiveness OR eficacia)) • ("ultrasonido endodóntico" OR "ultrasonic irrigation") AND ("tratamiento de conductos" OR "root canal therapy") AND (eficacia OR effectiveness OR efficacy) AND (desinfección OR disinfection)
Pubmed	<ul style="list-style-type: none"> • ("Ultrasonics"[Mesh] OR ultrasonic OR ultrasonido) AND ("Root Canal Therapy"[Mesh] OR "root canal" OR endodoncia) AND ("Disinfection"[Mesh] OR disinfection OR desinfección) • ("Ultrasonics"[Mesh])AND ("Root Canal Therapy"[Mesh])

AND (cleaning OR limpieza)
AND (efficacy OR effectiveness
OR eficacia)

- (ultrasonic irrigation OR
ultrasonically activated) AND
(endodontic* OR "root
canal")AND ("canal disinfection"
OR "root canal cleaning")

De un total de 254 resultados preliminares obtenidos, se procedió a identificar y eliminar 129 artículos duplicados, quedando una base de 125 estudios. Posteriormente, se aplicaron criterios de selección preespecificados mediante los cuales se excluyeron 70 registros, reduciendo la muestra a 55 artículos relevantes. Tras realizar un análisis exhaustivo de los resúmenes y de la literatura completa de estos estudios, se descartaron otros 38 por no cumplir con la pertinencia temática requerida. Finalmente, tras aplicar todos los filtros y criterios mencionados, el número de estudios seleccionados se redujo a 17 artículos científicos que sirvieron de base principal para el trabajo. Adicionalmente, se integraron otras fuentes complementarias y referencias bibliográficas, priorizando siempre estudios validados.

Figura 1. Diagrama de flujo del método PRISMA



4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Resultados

Tabla 3. Comparación de Ultrasonido vs Métodos tradicionales.

Autor	Criterio de Comparación	Irrigación Manual Convencional	Activación Ultrasonónica (PUI)
<p>Chalub, Lucas Orbolato.(36) Soares I, Goldberg F. (37) Barbosa AFA, et al. (38)</p>	<p>Mecanismo de Acción</p>	<p>Entrega pasiva del irrigante mediante presión positiva con jeringa, sin agitación mecánica activa del líquido. Enfatizan que la irrigación manual es un proceso meramente pasivo que depende de la presión positiva de la jeringa</p>	<p>Utiliza ondas de sonido de alta frecuencia para agitar el irrigante, generando fenómenos de flujo acústico (<i>acoustic streaming</i>) y cavitación. Barbosa et al. (37) demuestran que el ultrasonido transforma esta dinámica en un proceso activo. Según Barbosa, el ultrasonido genera fenómenos físicos como el flujo acústico y la cavitación, los cuales son determinantes para limpiar residuos en el tercio apical y áreas de difícil acceso</p>
<p>Kumar RS, et al.;(39) Chalub L.O.(36) Quintero Velez. (40)</p>	<p>Alcance en Tercio Apical</p>	<p>Limitado; la penetración del irrigante es menor debido a la dificultad de intercambio de fluidos en zonas profundas Según Chalub L.O.(36), la irrigación convencional con</p>	<p>Superior; permite que el irrigante llegue hasta la longitud de trabajo de forma más efectiva en dientes permanentes. Según Quintero Velez. (40) la agitación ultrasónica</p>

		<p>jeringa continúa siendo el método más empleado en la práctica clínica debido a su simplicidad; sin embargo, presenta limitaciones hidrodinámicas importantes, especialmente en el tercio apical.</p>	<p>ha mostrado mejoras significativas en la eficacia de limpieza en áreas de difícil acceso como el tercio apical de los conductos, superando las limitaciones físicas de la aguja convencional</p>
<p>Canalda C, Brau E; (41) Barbosa AFA, et al. (38)</p>	<p>Eliminación de <i>Smear Layer</i></p>	<p>Menos efectiva, ya que depende únicamente de la acción química del irrigante sin soporte mecánico de agitación. Los autores Canalda C, Brau E; (41) sostienen que la técnica manual es insuficiente para remover el <i>smear layer</i> (barrillo dentinario) debido a la falta de agitación mecánica.</p>	<p>Altamente efectiva; incrementa significativamente la eliminación de residuos de tejido duro y mejora la limpieza general del conducto. La activación ultrasónica mejora la dinámica de reemplazo del irrigante y el flujo acústico en espacios anatómicamente complejos que la irrigación con aguja estándar no puede alcanzar adecuadamente. Barbosa AFA, et al. (38) resaltan que la PUI desprende eficazmente restos de tejido y biopelícula incluso en istmos complejos gracias a la energía de las ondas de alta frecuencia</p>
<p>Van der Sluis et al. (42)</p>			

			Según van der Sluis et al. la irrigación ultrasónica pasiva mostró mayor remoción de detritos y smear layer, especialmente en el tercio apical
<p>Jacob Marx, et al. (43)</p> <p>Chalub L.O.(36)</p> <p>Paixao S, et.al. (44)</p> <p>Plotino et al. (45)</p> <p>Michelon et al.(46)</p>	<p>Efectividad Antimicrobiana y Dolor</p>	<p>La desinfección es menos profunda, lo que puede influir en una mayor persistencia de carga bacteriana y potencial dolor postoperatorio</p>	<p>Maximiza la desinfección quimiomecánica y se asocia con una reducción efectiva del dolor postoperatorio gracias a una limpieza más prolija. Según Paixao S, et.al. (44) la oscilación libre de la punta genera una microcorriente acústica turbulenta y una cavitación transitoria que desprende el biofilm y los detritos de dentina, particularmente en el tercio apical, con una reducción bacteriana superior al 99%. Según Plotino et al.(45) el ultrasonido mejora la penetración del NaOCl y la eliminación del biofilm. Michelon et al.(46) indica que ninguna técnica limpia el 100%, pero el</p>

			ultrasonido se acerca más.
--	--	--	----------------------------

Fuente: Elaboración propia de la autora

Análisis e Interpretación: Se evidencia que la irrigación manual presenta limitaciones en el tercio apical y la eliminación del smear layer debido a su mecanismo de presión positiva. En contraste, la Activación Ultrasónica (PUI) utiliza flujo acústico y una cavitación para lograr una limpieza superior y reducir el dolor postoperatorio.

Tabla 4. Ventajas y Limitaciones del Uso del Ultrasonido.

Autores	Ventajas	Limitaciones	Importancia clínica
Barbosa AFA, et al.(38)	Superioridad en la remoción de residuos en conductos con irregularidades anatómicas	Los resultados pueden variar dependiendo del tiempo de activación y el tipo de punta ultrasónica utilizada	Esencial para protocolos de limpieza profunda donde la instrumentación mecánica no alcanza
Fierro Ortiz, et.al (47)	Según Fierro Ortiz, et.al (47) confirmó que el ultrasonido es efectivo en la desinfección de los conductos radiculares sin incrementar la concentración de la solución, mejorando notablemente el efecto de desinfección con menor movimiento de la solución, lo que aumenta la seguridad al evitar accidentes por presión		
Kumar RS, et al. (39)	Capacidad de llevar el irrigante a la longitud de trabajo (WL) de manera constante en dientes definitivos.	Riesgo potencial de extrusión del irrigante si no se controla la potencia o la profundidad de inserción	Garantiza que el agente químico actúe en la zona más crítica del conducto: el tercio apical.
Varadan P, Ra S, Rajendran MR et. al. (48)	Genera un flujo de fluido más energético que la activación	Requiere una inversión mayor en equipamiento	Representa la evolución hacia una endodoncia de alta

	sónica, mejorando la reducción de biopelícula	tecnológico en comparación con el método manual	eficacia y mínimamente invasiva
--	---	---	---------------------------------

Fuente: Elaboración propia de la autora

Análisis e Interpretación: Se evidencia que el ultrasonido es esencial para remover residuos en irregularidades anatómicas y garantizar que el irrigante actúe en la zona crítica del tercio apical. No obstante, se señala que su eficacia puede variar según el tiempo de activación y el tipo de punta, advirtiendo sobre el riesgo de extrusión del irrigante si no se controla la potencia o profundidad de inserción.

Tabla 5. Ventajas y Limitaciones del Método Convencional.

Autores	Ventajas	Limitaciones	Importancia
Soares I, Goldberg F;(37) Suneelkumar C, et al. (49)	Es una técnica económica que no requiere equipos especializados como unidades ultrasónicas o láseres. Permite la entrega directa de sustancias químicas mediante jeringas y agujas de diversos calibres	La presión positiva manual suele atrapar burbujas de aire en el tercio apical, impidiendo que el irrigante contacte directamente con las paredes del conducto	Representa el protocolo básico y el punto de partida fundamental para la desinfección quimiomecánica en endodoncia
Chalub, Lucas Orbolato;(36) Jacob Marx, et al. (43)	El profesional tiene un control táctil directo sobre la profundidad de la aguja y el volumen de irrigante depositado en cada fase.	A diferencia del ultrasonido, carece de flujo acústico o cavitación, lo que resulta en una menor eliminación de la capa de desecho (smear layer) y detritos orgánicos.	Es el método más utilizado a nivel mundial para el transporte de sustancias químicas (como el hipoclorito de sodio) dentro del sistema de conductos
Canalda C, Brau E;(41) Prasher P, et al. (50)	Puede aplicarse en prácticamente cualquier situación clínica inicial antes de decidir si se requiere una activación avanzada	Si se aplica demasiada presión manual, existe el peligro de extruir el irrigante hacia los tejidos periapicales, lo que puede causar dolor o accidentes químicos	Sirve como el grupo control indispensable para validar la eficacia de nuevas tecnologías de activación (sónicas, ultrasónicas o láser)

Fuente: Elaboración propia de la autora

Análisis e Interpretación: Se demuestra que la técnica manual se identifica como el método más económico y accesible, permitiendo un control táctil directo sobre el volumen de líquido utilizado. Sin embargo, su principal limitación es la formación de burbujas de aire en la punta de la raíz que impiden una limpieza completa.

Tabla 6. Protocolos de Activación del Ultrasonido y su eficacia clínica.

Autores	Protocolo de Activación	de Características Técnicas	Relación con la Eficacia en Limpieza y Desinfección
Barbosa AFA, et al.; (38) Suneelkumar C, et al. (49)	Irrigación Ultrasónica Pasiva (PUI)	Uso de una lima o punta lisa accionada por una unidad de ultrasonido de alta frecuencia para agitar el irrigante sin cortar dentina.	Genera flujo acústico y cavitación, lo que desprende restos de tejido duro, reduce la biopelícula y mejora la limpieza en zonas de difícil acceso como istmos
Abouzaid K, Dhaimy S. (51) Jacob Marx, et al.(43)	Protocolo de Activación de Hipoclorito de Sodio (NaOCl)	Aplicación de NaOCl seguida de ciclos de agitación ultrasónica para potenciar la acción química del irrigante.	Maximiza la reducción microbiana profunda y la disolución de tejido orgánico, siendo significativamente más efectivo que la irrigación manual sola.
Kumar RS, et al. (39)	Activación en la Longitud de Trabajo	Inserción de la punta ultrasónica hasta alcanzar la longitud de trabajo en dientes permanentes maduros.	Asegura la entrega y penetración del irrigante hasta el tercio apical, eliminando burbujas de aire (vapor lock) que impiden la desinfección en el ápice.
Prasher P, et al.(50)	Protocolos Micro-invasivos	Integración de la activación ultrasónica con cavidades de acceso conservadoras y tecnologías como CBCT.	Permite una desinfección exhaustiva incluso en preparaciones mínimamente invasivas donde la

			limpieza mecánica tradicional es limitada.
Suneelkumar C, et al. (49)	Activación Comparativa (Sónica vs. Ultrasónica)	Uso de frecuencias más altas (ultrasónicas) frente a bajas (sónicas) para la agitación del fluido.	La frecuencia ultrasónica demuestra una capacidad superior de reducción de biopelícula comparación con los métodos sónicos convencionales. La integración de ultrasonido en accesos mínimamente invasivos potencia la eliminación de bacterias y la disolución de tejido, permitiendo una limpieza exhaustiva sin sacrificar la estructura dental remanente
Orozco, et al. (52)			

Fuente: Elaboración propia de la autora

Análisis e Interpretación: Se evidencia que los protocolos de activación, como la PUI y la agitación del hipoclorito de sodio, potencian significativamente la eliminación de bacterias y la disolución de tejido en comparación con el método manual. La inserción de la punta a la longitud de trabajo elimina el bloqueo de vapor, mientras que el uso de frecuencias ultrasónicas demuestra ser superior a los métodos sónicos para reducir la biopelícula bacteriana.

4.2 Discusión

El propósito fundamental de la terapia endodóntica es la eliminación de microorganismos y detritos del sistema de conductos radiculares. Los resultados de esta revisión bibliográfica subrayan una diferencia significativa entre la eficacia de la técnica de irrigación manual convencional y la irrigación ultrasónica pasiva (PUI). A lo largo de los años, la técnica manual ha sido el estándar de oro por su sencillez; sin embargo, autores como **Chalub (36)** y **Soares (37)** coinciden en que esta técnica presenta limitaciones hidrodinámicas

insalvables, especialmente en el tercio apical, donde la formación de una burbuja de aire o *vapor lock* impide que el irrigante alcance la longitud de trabajo completa.

En contraposición, **Barbosa et al. (38)** exponen que el uso del ultrasonido no es simplemente una alternativa, sino una necesidad tecnológica para superar las barreras físicas de la anatomía compleja. Según Barbosa, el fenómeno de flujo acústico y la cavitación generada por las puntas ultrasónicas permiten que el hipoclorito de sodio no solo llegue al ápice, sino que se renueve constantemente, rompiendo la tensión superficial y penetrando en zonas donde la aguja convencional no tiene acceso. Esta capacidad de "activación" es lo que marca la diferencia entre una limpieza superficial y una desinfección profunda.

Al analizar la remoción del *smear layer* o barrillo dentinario, la literatura es contundente. **Canalda y Brau (41)** sostienen que la irrigación manual es incapaz de desprender mecánicamente esta capa adherida a las paredes dentinarias, lo cual es crítico puesto que el barrillo puede albergar bacterias y obstruir los túbulos dentinarios. Los hallazgos de esta investigación corroboran lo expuesto por **Barbosa et al. (38)**, quienes demuestran que la energía cinética del ultrasonido desprende el material orgánico e inorgánico con una eficiencia significativamente mayor. Esta limpieza superior no solo mejora el contacto del sellador con la dentina, sino que garantiza que los conductos laterales e istmos también sean desinfectados.

La eficacia antimicrobiana es otro punto de debate central. Mientras que la técnica manual se limita a una acción química pasiva, **Suneelkumar et al. (49)**, en su revisión general, confirman que la PUI posee una eficacia clínica superior en la reducción de biopelículas bacterianas complejas. El impacto de las ondas de choque ultrasónicas desestructura la matriz del biofilm, permitiendo que el irrigante actúe de manera más agresiva contra microorganismos resistentes como el *Enterococcus faecalis*. Esto concuerda con lo planteado por **Prasher et al. (50)**, quienes argumentan que la endodoncia mínimamente invasiva actual depende directamente de estas tecnologías para evitar sobre instrumentar el conducto y, en su lugar, priorizar una desinfección química activada.

Finalmente, es imperativo considerar el impacto en la recuperación del paciente. **Jacob Marx et al. (43)** señalan que una desinfección más predecible se traduce directamente en una menor incidencia de dolor postoperatorio. Al evitar la presión positiva excesiva de la irrigación manual que a menudo causa extrusión accidental de irrigante a los tejidos periapicales y reemplazarla por la seguridad de la agitación ultrasónica, el clínico no solo asegura el éxito biológico, sino también el confort del paciente. En conclusión, la evidencia analizada sugiere que, aunque la técnica manual sigue siendo útil, la incorporación del ultrasonido es indispensable para cumplir con los estándares de limpieza y desinfección exigidos en la endodoncia moderna.

5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Tras un análisis exhaustivo de la evidencia científica recopilada y la contrastación sistemática de los protocolos de irrigación, se concluye de manera determinante que la Activación Ultrasónica Pasiva (PUI) representa un estándar superior de tipo cualitativo y tecnológico fundamental sobre la irrigación manual convencional en los tratamientos endodónticos. La investigación permite establecer que, mientras la técnica manual se ve comprometida por una dinámica de fluidos pasiva y la persistencia del fenómeno de "vapor lock" en el tercio apical el cual actúa como una barrera física intransitable para el irrigante, la PUI rompe estas limitaciones mediante la generación de flujo acústico y cavitación. Estos mecanismos garantizan una limpieza profunda en áreas de alta complejidad anatómica, logrando una remoción significativamente superior del barrillo dentinario y detritos orgánicos en comparación con los métodos tradicionales.

La evidencia analizada subraya que la integración de protocolos de activación ultrasónica no solo optimiza la fase químico-mecánica al potenciar las propiedades antimicrobianas del hipoclorito de sodio, sino que también redefine el pronóstico clínico del paciente. Se ha comprobado que esta tecnología logra desestructurar biopelículas bacterianas complejas con una eficacia marcadamente superior a los sistemas sónicos, lo que se traduce en una reducción drástica de la carga bacteriana residual y, por consiguiente, en una disminución significativa de la incidencia de dolor postoperatorio y reagudizaciones.

No obstante, esta revisión concluye que el éxito de la PUI está intrínsecamente ligado a una ejecución clínica meticulosa. La implementación de esta tecnología exige un control riguroso de la potencia ultrasónica y de la profundidad de inserción de la punta para mitigar riesgos críticos como la extrusión inadvertida de irrigante hacia los tejidos periapicales. Asimismo, se destaca su papel esencial en la endodoncia micro invasiva, donde permite una desinfección exhaustiva incluso en preparaciones de conductos extremadamente estrechas donde la instrumentación mecánica convencional es limitada.

En definitiva, la activación ultrasónica se consolida como el estándar de oro en la endodoncia moderna. Su capacidad para transformar la irrigación de un proceso de transporte pasivo a una dinámica activa de limpieza profunda la convierte en una herramienta indispensable para el clínico que busca predictibilidad, seguridad y excelencia en el tratamiento de sistemas de conductos radiculares complejos.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda la implementación sistemática de la activación ultrasónica, específicamente mediante el uso de limas o puntas lisas accionadas por unidades de alta frecuencia. Para maximizar la eficacia clínica sin comprometer la integridad del diente, el clínico debe asegurar ciclos de agitación del hipoclorito de sodio (NaOCl) que permitan la eliminación del vapor lock y la desestructuración de biopelículas en zonas de difícil acceso, como los istmos.
- Dada la superioridad del ultrasonido para llevar el irrigante hasta la longitud de trabajo, es imperativo que el profesional mantenga un control riguroso sobre la potencia de la unidad y la profundidad de inserción de la punta. Se recomienda que la activación se realice a una distancia de seguridad del ápice para prevenir accidentes por extrusión de sustancias químicas hacia los tejidos periapicales, un riesgo identificado tanto en técnicas manuales como ultrasónicas.
- Basado en que las frecuencias ultrasónicas demuestran una capacidad superior de reducción de biopelícula frente a los métodos sónicos y manuales, se recomienda la integración de esta tecnología en protocolos de cavidades de acceso conservadoras. Esta evolución hacia una endodoncia mínimamente invasiva permite una desinfección exhaustiva incluso cuando la instrumentación mecánica es limitada, apoyándose en la evolución de herramientas tecnológicas que garantizan una mayor eficacia biológica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Da Silva, Oliveira, Candido Dos Reis. Efecto del ultrasonido en la limpieza del sistema de conductos radiculares: revisión de literatura. *Odontología Sanmarquina*. 2019 Sep 12;22(3):187–95.
2. Delgado GA, Cosano CL, Jiménez MM, Domínguez SB. Sistemas ultrasónicos para la irrigación del sistema de conductos radiculares Ultrasonic devices for root canal system irrigation. Vol. 30, Av. *Odontoestomatol*. 2014.
3. Bhandi S, Mehta D, Mashyakhy M, Chohan H, Testarelli L, Thomas J, et al. Antimicrobial efficacy of silver nanoparticles as root canal irrigant's: A systematic review. Vol. 10, *Journal of Clinical Medicine*. MDPI; 2021. p. 1–11.
4. Gomez Brenda, Aveiro Emelly. Irrigants and irrigation activation systems in Endodontics. *Braz Dent J* [Internet]. 2023 [cited 2025 May 7];4:1–34. Available from: <https://www.scielo.br/j/bdj/a/xg835S3btBPdnS3BgCSTHzD/?format=pdf&lang=en>
5. Bucay Ati LK, Arteaga Aizprua LE, Dau Villafuerte RF, Salazar Lazo MB. Eficacia de la activación del hipoclorito de sodio mediante el uso de ultrasonido sónico y ultrasónico. *Revisión Bibliográfica. RECIMUNDO*. 2023 Feb 23;7(1):55–62.
6. Onetto D, Correa V, Araya P, Yévenes I, Neira M. Efecto del ultrasonido endodóntico sobre clorhexidina al 2% en la formación de paracloroanilina. Estudio in vitro. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*. 2015 Dec;8(3):185–91.
7. Ponce Reyes, Burbano Pijal. IRRIGACIÓN ULTRASONICA EN ENDODONCIA: ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE. *Revista Universidad y Sociedad*. 2022;14:2022.
8. Ferrer Luque, Baca Garcia. DESINFECCIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES CON DIFERENTES SISTEMAS ROTATORIOS. 2014.
9. Schilder. Preparación del conducto radicular: limpieza y conformación. In: *Editorial Médica Panamericana*, editor. 2013th ed. 1974.
10. Villa López Lucía. *Irrigación en Endodoncia*. Porto; 2012.
11. Ferrera Piras Juan Carlos. *IRRIGATION PROTOCOLS IN ENDODONTICS*. 2020.
12. Jang Jaramillo Soo Nam. “Comparación de técnicas de instrumentación, manual y rotatoria ProTaper Next en dientes posteriores inferiores. Reporte de caso clínico.” 2016.
13. Capiz Rodriguez Fernando. *Sistema rotatorio Lightspeed: revisión bibliográfica. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*; 2004.
14. Jiménez Ortiz Leonardo, Romero Cazares. *Instrumentación Rotatoria en Endodoncia: Reporte de Casos Clínicos Rotary Instrumentation in Endodontics: Clinical Cases Report*. Vol. 6, *Int. J. Odontostomat*. 2012.
15. Orellana Sanhueza, Alcota Rojas, Salazar Linfati, González Bergas. *SISTEMAS ROTATORIOS RECIPROCANES Y SU RELACIÓN CON DOLOR POSTOPERATORIO Y FLARE-UP: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA. UNIVERSIDAD DE CHILE*;
16. Miranda Guamán Tatiana Lisseth. *Usos y técnicas de irrigación en endodoncia. [Ecuador]: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO*; 2022.
17. Castellanos Solís Barbara. *UTILIZACIÓN DEL ULTRASONIDO EN ENDODONCIA. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*; 2015.
18. ROMANO TG. Ultrasonido: una revisión de la literatura sobre sus usos en endodoncia. *RAOA*. 2010;98.
19. Padrón Enrique J. *ULTRASONIDO EN ENDODONCIA. UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA*; 2003.

20. Solis Oviedo Maria. MÉTODOS AUXILIARES DE IRRIGACIÓN EN ENDODONCIA “ULTRASONIDO”, EN 3D. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO; 2016.
21. Naranjo Argoti Fernanda. Protocolo de activación de la solución irrigadora previo a la obturación. 2020.
22. Mozo S, Llena C, Forner L. Review of ultrasonic irrigation in endodontics: Increasing action of irrigating solutions. Vol. 17, Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal. 2012.
23. Martínez Frago Alva. Ultrasonido en Endodoncia: Revisión bibliográfica. [México]: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO; 2000.
24. Hernández Hernández E., Riobos González, M. F.; Mena Alvarez. Aplicaciones del Ultrasonido en Endodoncia. Cien Dent. 2013;10.
25. Camacho Torres Katherin. Aplicación de ultrasonido y sus técnicas en Endodoncia. 2022.
26. Delgado GA, Cosano CL, Jiménez MM, Domínguez SB. Sistemas ultrasónicos para la irrigación del sistema de conductos radiculares Ultrasonic devices for root canal system irrigation. Vol. 30, Av. Odontoestomatol. 2014.
27. Singh N, Paul B, Mantri SK, Dube K, Kashyap A, Akhtar F, et al. ULTRASONIC IN ENDODONTICS: REVIEW. Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology. 2024;
28. Guamán Miranda Tatiana. Usos y técnicas de irrigación en endodoncia. 2020.
29. Timponi Goes Cruz A, Antoniow Klemz A, Ribeiro Rosa EA, Soares Grecca F, Mattos B, Piasecki L, et al. Cleaning and disinfection of the root canal system provided by four active supplementary irrigation methods. Sci Rep. 2024 Dec 1;14(1).
30. Bentacourt, Amabat, Viñas. Avances en la Desinfección Endodóntica: Irrigación Activada por Láser. Canal Abierto. 2021;43.
31. Miramontes Grajeda Manuel. EFECTIVIDAD DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO ACTIVADO COMO IRRIGANTE ENDODÓNTICO; REVISIÓN DE LA LITERATURA. 2024.
32. Pérez Solís Luis, Fiallos Acosta Melanie, Moscoso Albuja Domenica. Método multicriterio neutrosófico para la evaluación de la activación de irrigantes de forma ultrasónica y manual en las desinfecciones de conductos radicales en endodoncias. Vol. 35, Pensamiento de América Latina}. 2024.
33. Hernandez Solís. Ultrasonido y sus ventajas. Revisión Bibliografica. 2021;(2665–0193). Available from: <http://www.imbiomed.com>
34. Pomasqui Dominik Sebastián, Carrillo Rengifo, Vallejo Izquierdo. Comparación de la Efectividad del Hipoclorito de Sodio y Clorhexidina como Agentes de Desinfección en Conductos Endodónticos. Revisión bibliográfica. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2023 Oct 11;7(5):2344–57.
35. Orbolato Chalub Lucas. Avaliação da dor pós-operatória e efetividade antimicrobiana no tratamento endodôntico com uso de irrigação ultrassônica versus irrigação convencional: Revisões sistemáticas e meta-análises de ensaios clínicos randomizados. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP; 2022.
36. Soares Ilson José, Goldberg Fernando. Endodoncia. Técnica y fundamentos. Editorial Médica Panamericana, editor.
37. Barbosa AFA, de Lima CO, Sassone LM, Fares RD, Fidalgo TKDS, Silva EJNL. Effect of passive ultrasonic irrigation on hard tissue debris removal: a systematic review and meta-analysis. Braz Oral Res. 2021;35.

38. Kumar RS, Ankola A, Peerzade M, Sankeshwari R, Hampiholi V, Pai Khot A, et al. Comparative Efficacy of Different Irrigant Activation Techniques for Irrigant Delivery Up to the Working Length of Mature Permanent Teeth: A Systematic Review and Meta-Analysis. Vol. 8, *European Endodontic Journal*. Kare Publishing; 2022. p. 1–19.
39. Quintero Velez Karol. ESTUDIO COMPARATIVO SOBRE LA EFICACIA DE LOS IRRIGANTES DE CONDUCTOS RADICULARES EN ENDODONCIA. 2024.
40. Fiegler-Rudol J, Grzech-Leśniak Z, Tkaczyk M, Grzech-Leśniak K, Zawilska A, Wiench R. Enhancing Root Canal Disinfection with Er:YAG Laser: A Systematic Review. Vol. 13, *Dentistry Journal*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2025.
41. Van Der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: A review of the literature. Vol. 40, *International Endodontic Journal*. 2007. p. 415–26.
42. Marx J, Ward C, Gunnell B, Marx Z, Parry A, Dyal S, et al. Influence of Ultrasonic Activation of Endodontic Irrigants on Microbial Reduction and Postoperative Pain: A Scoping Review of In Vivo Studies. Vol. 13, *Dentistry Journal*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2025.
43. Paixão S, Gomes PS, Fernandes MH, Rodrigues C, Grenho L. Comparative Evaluation of Ultrasonic and Sonic Irrigant Activation Systems: Assessing Extrusion Risk, Debridement, and Biofilm Removal in Distinct Apical Preparation Sizes. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2024 May 1;14(9).
44. Plotino G, Grande NM, Mercade M, Cortese T, Staffoli S, Gambarini G, et al. Efficacy of sonic and ultrasonic irrigation devices in the removal of debris from canal irregularities in artificial root canals. *Journal of Applied Oral Science*. 2019 Jan 1;27.
45. Michelon C, Frighetto M, Lang PM. Efficacy of passive ultrasonic irrigation in removing root filling material during endodontic retreatment. *Rev Odontol UNESP*. 2016 Feb 12;45(1):15–20.
46. Fierro-Ortiz KE, Valle-Baldeón LA, López-Torres RG. Eficacia de la irrigación ultrasónica y la irrigación activada por láser en endodoncia. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud Salud y Vida*. 2024 Feb 1;8(1):1278–84.
47. Varadan P, Ra S, Rajendran MR. A Comparison Between Multisonic and Ultrasonic Irrigant Activation Techniques for Multispecies Biofilm Removal During Root Canal Disinfection: A Systematic Review. *Cureus*. 2025 Mar 21;
48. Suneelkumar C, Pandillapalli S, Anirudhan S, Swapna S, Kunam D, Kumar YP, et al. Clinical effectiveness of ultrasonic irrigation during root canal therapy: An umbrella review. Vol. 36, *Endodontology*. Wolters Kluwer Medknow Publications; 2024. p. 298–306.
49. Prasher P, Kaur SJ, Kaur M, Vidas B, Khatri T, Pallerla S. Revolutionizing root canal treatment: A review of minimally invasive endodontics. *Bioinformation [Internet]*. 2025 Aug 31;21(08):2504–9. Available from: <https://www.bioinformation.net/021/973206300212504.htm>
50. Abouzaid K, Dhaimy S, Article R. Antibacterial Efficacy of Sonic Versus Ultrasonic Irrigation of the Root Canal System: A Systematic Review. *Oral Health Dental Sci [Internet]*. 2021;5(4):1–14. Available from: <https://osf.io/qhv3k>.
51. Orozco Gallego MJ, Pineda Vélez EL, Rojas Gutiérrez WJ, Rincón Rodríguez ML, Agudelo Suárez AA. Effectiveness of Irrigation Protocols in Endodontic Therapy: An Umbrella Review. Vol. 13, *Dentistry Journal*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2025.