UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA EFICACIA DE LA ACTIVACIÓN SÓNICA Y ULTRASÓNICA PARA LA ELIMINACIÓN DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO Y NEJAYOTE DE LAS PAREDES DEL CONDUCTO RADICULAR

TRABAJO TERMINAL QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

PRESENTA

C.D. ALMA GEORGINA CRUZ VILLAFAÑA

PRESIDENTE

DRA. EVA VIVIANA SARMIENTO GUTIÉRREZ

SINODAL

DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ

SINODAL

DRA. HAYDEE GÓMEZ LLANOS JUÁREZ

SINODAL

DR. ÓSCAR VÁZQUEZ MENA

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA; MÉXICO JUNIO 2022

COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA EFICACIA DE LA ACTIVACIÓN SÓNICA Y ULTRASÓNICA PARA LA ELIMINACIÓN DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO Y NEJAYOTE DE LAS PAREDES DEL CONDUCTO RADICULAR

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

Tijuana, Baja California a, 06 de junio del 2022

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA EFICACIA DE LA ACTIVACIÓN SÓNICA Y ULTRASÓNICA PARA LA ELIMINACIÓN DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO Y NEJAYOTE DE LAS PAREDES DEL CONDUCTO RADICULAR*.*

Propuesto por la C.D. ALMA GEORGINA CRUZ VILLAFAÑA, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE

DRA. EVA VIVIANA SARMIENTO GUTIÉRREZ
PRESIDENTE

Ccp.- Archivo.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

Tijuana, Baja California a, 06 de junio del 2022

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA EFICACIA DE LA ACTIVACIÓN SÓNICA Y ULTRASÓNICA PARA LA ELIMINACIÓN DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO Y NEJAYOTE DE LAS PAREDES DEL CONDUCTO RADICULAR.

Propuesto por la C.D. Alma Georgina Cruz Villafaña, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE

DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ
SINODAL

Ccp.- Archivo.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

Tijuana, Baja California a, 06 de junio del 2022

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA EFICACIA DE LA ACTIVACIÓN SÓNICA Y ULTRASÓNICA PARA LA ELIMINACIÓN DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO Y NEJAYOTE DE LAS PAREDES DEL CONDUCTO RADICULAR.

Propuesto por la C.D. ALMA GEORGINA CRUZ VILLAFAÑA, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE

DRA. HAYDEÉ GÓMEZ LLANOS JUÁREZ
SINODAL

Ccp.- Archivo.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA
"2022, año de la erradicación de la violencia contra las mujeres en Baja California"

Tijuana, Baja California a, 06 de junio del 2022

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA EFICACIA DE LA ACTIVACIÓN SÓNICA Y ULTRASÓNICA PARA LA ELIMINACIÓN DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO Y NEJAYOTE DE LAS PAREDES DEL CONDUCTO RADICULAR*.*

Propuesto por la C.D. ALMA GEORGINA CRUZ VILLAFAÑA, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

A T E N T A M E N T E

DR. ÓSCAR VÁZQUEZ MENA
SINODAL

Ccp.- Archivo.

COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA EFICACIA DE LA ACTIVACIÓN SÓNICA Y ULTRASÓNICA PARA LA ELIMINACIÓN DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO Y NEJAYOTE DE LAS PAREDES DEL CONDUCTO RADICULAR

PRESENTA

_____

C.D. ALMA GEORGINA CRUZ VILLAFAÑA

PRESIDENTE

(DIRECTORA DEL PROYECTO)

_____

DRA. EVA VIVIANA SARMIENTO GUTIÉRREZ

SINODALES

(CO-DIRECTORES DEL PROYECTO)

_____
DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ

_____
DRA. HAYDEE GÓMEZ LLANOS JUÁREZ

_____
DR. ÓSCAR VÁZQUEZ MENA

Tijuana, Baja California a, 06 de junio del 2022

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios por permitirme vivir, estar aquí presente, por darme la oportunidad de crecer personal y profesionalmente, y de darme la dicha de alcanzar mis metas y cumplir mis sueños, por acompañarme a lo largo del camino, guiarme y darme la fuerza de enfrentar cada obstáculo.

Agradezco a mis padres, por darme todo su amor y su apoyo incondicional, por la educación que me brindan, y por sus consejos, gracias a ellos soy la persona en que me he convertido y todos mis logros se los debo a ellos.

A mis hermanos y hermana por ser ese complemento en mi vida, por darme su apoyo, su amor y alentarme a seguir adelante en mis proyectos.

A mi novio, por apoyarme en cada meta a cumplir, y alentarme a dar lo mejor de mi y nunca rendirme. A mis amigos por sus palabras de aliento y por creer en mi.

Agradezco a la Dra. Ana Gabriela Carrillo Várguez por darme la oportunidad de ser parte de este Posgrado de Endodoncia, por permitirme formarme como especialista en lo que más me apasiona, por otorgarme su confianza, y por todas las enseñanzas y consejos.

Agradezco a la Dra. Eva Viviana Sarmiento Gutiérrez por brindarme su apoyo incondicional, su confianza, su tiempo y dedicación al realizar este proyecto.

Agradezco a la Dra. Eustolia Rodríguez Velázquez así como a mis co-directores, Dra. Haydee Gómez Llanos Juárez y al Dr. Óscar Vázquez Mena por su dirección en la planificación de esta investigación.

Agradezco a los docentes de este posgrado, por sus consejos, por su tiempo, dedicación, paciencia y por compartir su conocimiento para formarme como una gran especialista.

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Quiero agradecer a las siguientes instituciones:

A CONACyT por la beca otorgada No. CVU 1082583

A la Universidad Autónoma de Baja California por permitirme formarme académicamente.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS ..... **i**

CONTENIDO ..... **iii**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **vi**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **viii**

ÍNDICE DE GRÁFICAS ..... **x**

LISTA DE ABREVIATURAS ..... **xi**

I. RESUMEN **1**

II. INTRODUCCIÓN **2**

2.1. ENDODONCIA 2

2.1.1. Objetivo del tratamiento de conductos 2

2.2. MEDICACIÓN INTRACONDUCTO 3

2.2.1. Hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$) 4

2.2.1.1. Vehículos para la medicación con $Ca(OH)_2$ *5*

2.2.2. Nejayote 5

2.3. SOLUCIONES IRRIGADORAS 7

2.3.1. Hipoclorito de sodio (NaOCl) 8

2.3.2. Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) 9

2.4. IMPACTO DE LA MEDICACIÓN INTRACONDUCTO 11

2.4.1. Limitaciones del hidróxido de calcio 11

2.5. OBJETIVO DEL CEMENTO SELLADOR 12

2.6. MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE $Ca(OH)_2$ 14

2.6.1. Activación ultrasónica pasiva (PUI) 14

2.6.2. Activación sónica 18

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **21**

IV. JUSTIFICACIÓN **22**

V. HIPÓTESIS 23
5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO 23
5.2. HIPÓTESIS NULA (H0) 23
5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1) 23
VI. OBJETIVOS 24
6.1. OBJETIVO GENERAL 24
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 24
VII. VARIABLES 25
7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES 25
7.2. VARIABLE DEPENDIENTE 25
7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES 25
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS 26
8.1. TIPO DE ESTUDIO 26
8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO 26
8.2.1. Criterios de inclusión 26
8.2.2. Criterios de exclusión 26
8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL 27
8.4. METODOLOGÍA 30
8.4.1. Preparación de la muestra 30
8.4.2. Medicación de la muestra 35
8.4.3. Evaluación de la capacidad de eliminación de las medicaciones intraconducto ($Ca(OH)_2$ y nejayote) 37
8.4.4. Valoración del grado de filtración de NaOCl con tinción de azul de metileno mediante Image J 39
8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 44
IX. RESULTADOS 45
9.1. EFECTO DE LA FILTRACIÓN DEL NaOCl ACTIVADO ULTRASÓNICAMENTE 45
9.1.1. Filtración del NaOCl en tercio cervical activado con ultrasónico 45
9.1.2. Filtración del NaOCl en tercio medio activado con ultrasónico 45

9.1.3. Filtración del NaOCl en tercio apical activado con ultrasónico 46
9.2. EFECTO DE LA FILTRACIÓN DEL NaOCl ACTIVADO SÓNICAMENTE 46
9.2.1. Filtración del NaOCl en tercio cervical activado con sónico 47
9.2.2. Filtración del NaOCl en tercio medio activado con sónico 47
9.2.3. Filtración del NaOCl en tercio apical activado con sónico 48
9.3. COMPARACIÓN DE LA FILTRACIÓN DEL NaOCl ENTRE GRUPOS DE ACTIVACIÓN (SÓNICO Y ULTRASÓNICO) 48
9.3.1. Comparación de la filtración del NaOCl entre sistema sónico y ultrasónico en el tercio cervical. 48
9.3.2. Comparación de la filtración del NaOCl entre sistema sónico y ultrasónico en el tercio medio 50
9.3.3. Comparación de la filtración del NaOCl entre sistema sónico y ultrasónico en el tercio apical 52
X. DISCUSIÓN 55
XI. CONCLUSIONES 61
XII. RECOMENDACIONES 62
XIII. BIBLIOGRAFÍA 63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de nixtamalización del maíz. 7

Figura 2. Microscopía electrónica de barrido al utilizar EDTA. 10

Figura 3. Microscopía electrónica de barrido del conducto radicular. 15

Figura 4. Irrigación ultrasónica 16

Figura 5. Sónico EndoActivator. 19

Figura 6. Sónico EQ-S 20

Figura 7. Instrumentos rotatorios ProTaper Gold. 27

Figura 8. Endomotor. 28

Figura 9. Cámara de humedad. 29

Figura 10. Activadores del irrigante. 29

Figura 11. Azul de metileno. 30

Figura 12. Selección de la muestra. 31

Figura 13. Muesca. 31

Figura 14. Decoronación 32

Figura 15. Rotulación de la muestra. 32

Figura 16. Conductometría. 33

Figura 17. Preparación biomecánica. 34

Figura 18. Protocolo de irrigación. 34

Figura 19. Secado del conducto. 35

Figura 20. Medicación con $Ca(OH)_2$. 36

Figura 21. Medicación con nejayote. 36

Figura 22. Cámara húmeda. 37

Figura 23. Activación ultrasónica. 38

Figura 24. Activación sónica. 38

Figura 25. Técnica de tinción. 39

Figura 26. Cortes transversales en tercios. 40

Figura 27. Grupos control sin medicación intraconducto. 41

Figura 28. Grupo 1 y 2 medicados con $Ca(OH)_2$. 41

Figura 29. Grupo 3 y 4 medicados con nejayote. 42

Figura 30. Procesamiento de imágenes con la utilización de Image J. 43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey utilizando ANOVA de 2 vías en la activación con ultrasónico en el tercio cervical. 45

Tabla 2. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey utilizando ANOVA de 2 vías en la activación con ultrasónico en el tercio medio. 46

Tabla 3. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey utilizando ANOVA de 2 vías en la activación con ultrasónico en el tercio apical. 46

Tabla 4. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey utilizando ANOVA de 2 vías en la activación con sónico en el tercio cervical. 47

Tabla 5. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey utilizando ANOVA de 2 vías en la activación con sónico en el tercio medio. 47

Tabla 6. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey utilizando ANOVA de 2 vías en la activación con sónico en el tercio apical. 48

Tabla 7. Prueba de comparaciones múltiples de Šídák utilizando ANOVA de 2 vías entre la activación sónica y ultrasónica en tercio cervical. 49

Tabla 8. Promedio del grado de filtración de NaOCl en la activación sónica y ultrasónica en el tercio cervical. 49

Tabla 9. Prueba de comparaciones múltiples de Šídák utilizando ANOVA de 2 vías entre la activación sónica y ultrasónica en tercio medio. 51

Tabla 10. Promedio del grado de filtración de NaOCl en la activación sónica y ultrasónica en el tercio medio. 51

Tabla 11. Prueba de comparaciones múltiples de Šídák utilizando ANOVA de 2 vías entre la activación sónica y ultrasónica en tercio apical. 53

Tabla 12. Promedio del grado de filtración de NaOCl en la activación sónica y ultrasónica en el tercio apical..... 53

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Promedio del grado de filtración de NaOCl en la activación sónica y ultrasónica en el tercio cervical. 50

Gráfica 2. Promedio del grado de filtración de NaOCl en la activación sónica y ultrasónica en el tercio medio. 52

Gráfica 3. Promedio del grado de filtración de NaOCl en la activación sónica y ultrasónica en el tercio apical..... 54

LISTA DE ABREVIATURAS

$Ca(OH)_2$	Hidróxido de calcio
Cols.	Colaboradores
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético (por sus siglas en inglés)
FA	Ácido ferúlico (por sus siglas en inglés)
g	Gramos
Hz	Hertz
L	Litro
m	Metro
m^3	Metro cúbico
ml	Mililitros
mm	Milímetros
NaOCl	Hipoclorito de sodio
NiTi	Níquel titanio

pH	Potencial hidrógeno
PUI	Irrigación ultrasónica pasiva (por sus siglas en inglés)
s	Segundos

I. RESUMEN

Introducción: La medicación intraconducto es caracterizada por la colocación de un fármaco en el interior de la cavidad pulpar entre sesiones, hasta concluir el tratamiento endodóntico, la cual puede tener un impacto negativo en el relleno radicular en cuanto a las propiedades físicas y en la adaptación del material a las paredes del conducto radicular, por lo tanto, se recomienda su eliminación completa antes de la obturación.

Objetivo: El objetivo de este proyecto de investigación es comparar la eficacia de la activación ultrasónica y la activación sónica con EQ-S en la eliminación del $Ca(OH)_2$ y nejayote (utilizado como una alternativa de medicación), de las zonas inalcanzables de las paredes de conductos radiculares rectos mediante ensayos *in vitro*.

Metodología: Se utilizaron 36 órganos dentales premolares mandibulares con conductos únicos, divididos en 6 grupos (n = 6): 2 grupos se medicaron con $Ca(OH)_2$, 2 grupos con nejayote y 2 grupos de control sin medicación, se irrigó con NaOCl al 5.25% para eliminar la medicación, un grupo de cada condición se activó con el sistema ultrasónico y el otro grupo con el sistema sónico para eliminar las medicaciones. Se evaluó la capacidad de eliminación de la medicación con ambos sistemas mediante tinción con azul de metileno, utilizando pruebas no paramétricas: análisis de varianza de un factor (ANOVA) de dos vías y prueba de Tukey y Šídák para cada uno de los grupos, con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$).

Resultados: No se observaron diferencias estadísticamente significativas en los tercios cervical, medio y apical entre la activación sónica y ultrasónica en la eliminación de nejayote, tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas en el tercio medio y apical en la eliminación de $Ca(OH)_2$, pero si se encontraron diferencias significativas en el tercio apical a favor del sistema ultrasónico.

Conclusiones: En conclusión, ambos sistemas de activación (sónico con EQ-S y ultrasónico con NSK varios 370) obtuvieron excelentes resultados en la eliminación de la medicación intraconducto siendo más elevado el valor de la eliminación de Nejayote.

II. INTRODUCCIÓN

2.1. ENDODONCIA

La endodoncia es la rama de la odontología que se ocupa de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental humana y tejidos perirradiculares. Su estudio y práctica abarcan las ciencias clínicas básicas que incluyen: biología de la pulpa dental normal, su etiología, diagnóstico, prevención y el tratamiento de enfermedades y lesiones de la pulpa, así como afecciones perirradiculares asociadas. El tratamiento del conducto radicular está diseñado para eliminar las bacterias del conducto radicular infectado, prevenir la reinfección y salvar el diente natural (1).

El ámbito de la endodoncia incluye el diagnóstico diferencial y el tratamiento del dolor bucofacial de origen pulpar así como periapical, los tratamientos para mantener la vitalidad de la pulpa o el tratamiento de los conductos radiculares cuando no es factible conservar la vitalidad pulpar y en casos de necrosis pulpar, ya sea con o sin afección periapical, además de tratamientos de endodoncia regenerativa, tratamientos quirúrgicos para la eliminación de los tejidos periapicales que se encuentran en estado inflamatorio como consecuencia de una patología pulpar, así como la resección apical, hemisección y radicectomía, incluyendo también el tratamiento de la pulpa afectada tras un traumatismo, reimplante de dientes avulsionados, reimplante intencional, autotrasplante, blanqueamiento interno de los órganos dentales con alteraciones del color, retratamiento de fracasos tras un tratamiento endodóntico previo y restauración de la corona dental mediante procedimientos que implican la colocación de postes y muñones situados en la zona donde anteriormente se alojaba la pulpa dental (2).

2.1.1. Objetivo del tratamiento de conductos

El tratamiento de conductos radiculares puede definirse como la combinación de la instrumentación mecánica del sistema de conductos radiculares, su desbridamiento químico y el relleno con un material inerte, diseñado para mantener o restaurar la salud de los tejidos perirradiculares. El procedimiento está dominado por el diente en

cuestión, en términos de su complejidad anatómica y su estado biológico, es decir, su estado preoperatorio. Así mismo, se utiliza para tratar dos entidades de enfermedad distintas: a) la pulpa vital pero enferma, cuyo objetivo es mantener la salud periapical existente y prevenir la enfermedad periapical; o b) la pulpa no vital o necrótica asociada con la enfermedad periapical, cuyo objetivo es restablecer la salud de los tejidos perirradiculares. Por consiguiente, el objetivo del tratamiento del conducto radicular es prevenir o tratar la enfermedad periapical (3).

El objetivo durante la terapia endodóntica implica la eliminación de microorganismos del sistema de conductos radiculares mediante un proceso de desbridamiento y desinfección. Por lo tanto, la preparación e irrigación del conducto radicular y el uso de medicamentos entre visitas se consideran componentes esenciales para el control microbiano en infecciones endodónticas (4).

2.2. MEDICACIÓN INTRACONDUCTO

La medicación intraconducto es caracterizada por la colocación de un fármaco en el interior de la cavidad pulpar entre las sesiones necesarias hasta la conclusión del tratamiento endodóntico (5).

Cuando el tratamiento no puede completarse en una cita, las bacterias intraconducto supervivientes proliferan a menudo entre citas. Para reducir el crecimiento bacteriano e incluso mejorar la supresión bacteriana, puede ser útil aplicar medicación intraconducto. La medicación antimicrobiana entre visitas inhibe la proliferación y elimina las bacterias supervivientes, además de minimizar el acceso a través de una restauración filtrante (6).

Si la finalización del tratamiento de conductos en una visita resulta difícil, y este debe realizarse en una fecha posterior, está indicada la utilización de hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$) como medicación intraconducto para reducir las opciones de crecimiento bacteriano en los conductos entre las citas necesarias (6).

Los objetivos de la medicación difieren entre sí en función de la situación clínica del diente en tratamiento. En los casos de pulpa vital, la contaminación bacteriana, si

existe no será masiva y queda restringida a la superficie de la pulpa, en esta situación la medicación intraconducto servirá para el control de la inflamación, consecuencia del acto quirúrgico. En dientes con pulpa necrótica, el contenido microbiano de la cavidad pulpar determina la opción por sustancias antisépticas, siendo la medicación intraconducto un auxiliar valioso en la desinfección del sistema de conductos radiculares, sobre todo en lugares inaccesibles de la instrumentación, como las ramificaciones del conducto principal y túbulos dentinarios (5).

Es necesario considerar la cantidad y concentración del fármaco para que ejerza el efecto deseado sin lesionar los tejidos circundantes, tener en cuenta el mecanismo de acción para determinar la forma apropiada de colocación, como ejemplo, el $Ca(OH)_2$ actúa por contacto y debe ser colocado en todo el conducto radicular, además de considerar el tiempo de aplicación y conocer el tiempo en que la sustancia permanece activa. Algunos medicamentos pierden sus propiedades al entrar en contacto con sangre, exudado y pus. La selección del fármaco intraconducto debe tomar en consideración que los antisépticos capaces de controlar la infección también pueden ocasionar irritación o destrucción de los tejidos vivos periapicales (5).

2.2.1. Hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$)

El $Ca(OH)_2$ es un polvo blanco, alcalino poco soluble en agua (1.7 g/L), fue introducido por Bernhard Hermann en 1920, representa un auxiliar de la terapéutica endodóntica y se utiliza en diversas situaciones clínicas por su poder antiséptico y su propiedad de estimular o crear condiciones favorables para la reparación hística. Las propiedades que lo llevaron a ser ampliamente utilizado en endodoncia, se relacionan en gran medida con su disociación en iones calcio e hidroxilo. Se requiere de la mezcla del polvo con un vehículo para generar un pH de 12.4 aproximadamente (5).

Al colocar el $Ca(OH)_2$ en contacto directo con las paredes dentinarias al interior del conducto radicular, se produce en presencia de agua la ionización del mismo y por consiguiente la alcalinización del medio. Al llegar a la porción interna de los tubulillos dentinarios, los iones hidroxilo modifican el pH de la dentina, lo que provoca la destrucción de la membrana celular de las bacterias y de sus estructuras proteicas. La

alteración del pH de la masa dentinaria torna inadecuado el medio para la supervivencia de la mayoría de los microorganismos de la flora endodóntica (5).

2.2.1.1. Vehículos para la medicación con $Ca(OH)_2$

Se definen tres tipos de vehículos para la medicación de $Ca(OH)_2$ debido a que minimizan la desintegración y mantienen la medicación en el conducto durante un período prolongado los cuales son: acuoso, viscoso y aceitoso. El agregado de polvo de $Ca(OH)_2$ se mezcla con uno de los vehículos y luego se transfiere al espacio del conducto radicular. Se desea una suspensión saturada o una forma de pasta cremosa de la medicación para facilitar su colocación y sellar temporalmente el espacio hueco del conducto radicular. Este medicamento se puede preparar en el consultorio antes de su uso, sin embargo, las formas premezcladas también están disponibles en paquetes de jeringas (7).

Para usar el $Ca(OH)_2$ como medicación entre visitas, se debe mezclar con un vehículo preferentemente acuoso o hidrofílico (agua estéril, solución fisiológica, propilenglicol, entre otros) para conformar una suspensión con un pH aproximado de 12.4, aunque se proponen otros vehículos para su mezclado, es fundamental la presencia de agua para que se produzca la disociación iónica (5).

El espacio del conducto radicular podría descontaminarse de microorganismos debido a los choques de pH alcalino, por lo tanto, la alcalinidad es un requisito previo para el uso eficaz del $Ca(OH)_2$ como medicación intraconducto (7).

2.2.2. Nejayote

El nejayote es un agua residual (agua de lavado) alcalina generada durante el proceso de nixtamalización (Figura 1). Es muy alcalino (pH 11-12) y contiene más del 60% de polisacáridos sin almidón solubles en álcali del pericarpio del maíz, que son principalmente arabinoxilanos (8).

El paso clave para transformar el maíz en tortillas es cocinar los granos en una solución de $Ca(OH)_2$ calentada a temperaturas cerca de hervir. Sin embargo, la cocción con cal

utiliza grandes cantidades de agua que casi siempre se descarta como un alto alcalino efluente conocido como nejayote. Según Salmeron-Alcocer y cols. una planta con capacidad de 600 toneladas de maíz genera comúnmente entre 1,500 y 2,000 m^3 de nejayote. Basado en estas cantidades una estimación del nejayote generado anualmente en México ronda los 14.4 millones de m^3. Este efluente provoca graves problemas de contaminación debido al alto pH y al oxígeno biológico, demanda impartida por sólidos solubles e insolubles. Estudios previos han establecido que el maíz pierde entre un 5.5 y un 12.5% de sólidos durante la cocción con cal en operaciones comerciales de tortilla. Estas pérdidas varían según el genotipo y las condiciones de procesamiento, como la concentración de cal, el grado de cocción y lavado con nixtamal (9).

El nejayote contiene compuestos de alto valor como el ácido ferúlico (FA), que se emplea ampliamente como sustrato para la producción biotecnológica de sabores y aromas. El FA es un ácido hidroxicinámico que se encuentra como componente de la pared celular de la planta en forma libre y como homodímero o esterificado con polisacáridos lignocelulósicos. La extracción y purificación de FA de fuentes naturales es importante por sus numerosas aplicaciones en las industrias farmacéutica, cosmética y alimentaria. Una fuente industrial para recuperar FA es el nejayote, aguas residuales resultantes de la nixtamalización, proceso utilizado en México y otros países de América Latina para producir tortillas y otros subproductos. En adición al FA, el nejayote contiene compuestos fenólicos, almidón, polisacáridos, proteínas y azúcares no amiláceos. Debido a su composición, el nejayote tiene propiedades antimicrobianas o propiedades inhibidoras del crecimiento, y algunos estudios se han centrado en el aislamiento de cepas nativas de nejayote para aplicaciones biotecnológicas (10).

Por lo tanto la nixtamalización del maíz normal blanco en particular produce especies químicas que tienen potencial para ser utilizadas como fuente de compuestos bioactivos (9).



Figura 1. Proceso de nixtamalización del maíz.

En la figura 1, se muestra el agua residual del proceso de nixtamalización del maíz, también conocida como nejayote.

2.3. SOLUCIONES IRRIGADORAS

Para aumentar la eficacia de la preparación biomecánica y le eliminación de bacterias, la instrumentación debe ser complementada con soluciones de irrigación activas. La irrigación se define como el lavado de una cavidad o herida corporal con agua o un líquido medicado y la aspiración es definida como el proceso de eliminación de líquidos o gases del cuerpo mediante succión. Los objetivos de la irrigación son tanto mecánicos como biológicos. El objetivo mecánico consiste en la eliminación de residuos, la lubricación del conducto y disolución de tejido orgánico e inorgánico. La función biológica de los irrigantes está relacionada con su efecto antimicrobiano (6).

Se ha demostrado que la instrumentación mecánica no puede proporcionar suficiente desinfección de los conductos radiculares, y requiere de la utilización de irrigantes para eliminar los microorganismos. El irrigante o combinación de irrigantes ideal elimina las bacterias, disuelve tejido necrótico, lubrica el conducto, elimina la capa de barrillo dentinario y no irrita los tejidos sanos. Entre las soluciones más usadas se encuentran

el suero salino estéril, NaOCl y detergentes como la clorhexidina, ácido cítrico y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) (6).

La eficacia de la irrigación del conducto radicular en cuanto a eliminación de residuos y erradicación de bacterias depende de varios factores: la profundidad de la penetración de la aguja así como su diámetro interno y externo, el diámetro del conducto radicular, presión de irrigación, viscosidad del irrigante, velocidad del irrigante en la punta de la aguja y el tipo y orientación del bisel de la misma (6).

El irrigante ideal debería cumplir con ciertas características, entre ellas: 1) ser germicida y fungicida eficaz, 2) no irritar los tejidos periapicales 3) mantenerse estable en solución, 4) tener una tensión superficial baja, 5) no interferir en la reparación de los tejidos periapicales, 6) no teñir la estructura dental, 7) poder inactivarse en un medio de cultivo, 8) no inducir respuesta inmune celular, 9) poder eliminar completamente el barrillo dentinario y poder desinfectar la dentina subyacente y sus túbulos, 10) no ser antigénico, tóxico ni carcinógeno para las células tisulares que rodean al diente, 11) no tener efectos adversos en las propiedades físicas de la dentina expuesta, 12) no tener efectos adversos en la capacidad de sellado de los materiales obturadores, 13) ser de aplicación práctica y 14) ser relativamente económico (6).

2.3.1. Hipoclorito de sodio (NaOCl)

El NaOCl es la solución irrgante más utilizada, debido a que es un excelente antibacteriano, capaz de disolver tejido pulpar necrótico y vital, así como componentes orgánicos de la dentina y biopelículas. Es el irrigante de elección en endodoncia, por su eficacia frente a los patógenos y la digestión de la pulpa, y tiene muchas de las propiedades deseables de un irrigante del conducto radicular, por lo tanto, se considera el irrigante más ideal para el tratamiento. En el campo endodóntico tiene una actividad antimicrobiana de amplio espectro frente a biopelículas y microorganismos endodónticos, incluyendo aquellos difíciles de erradicar de los conductos radiculares como las especies de *Entrerococcus, Actinomyces y Candida* (6).

El NaOCl disuelve material orgánico como tejido pulpar y colágeno. Si se disuelve la porción orgánica de barrillo dentinario en NaOCl y se destruyen las bacterias del interior del conducto radicular principal, de los conductos laterales y túbulos dentinarios (en contacto directo con el irrigante), en menor grado, luego pueden eliminarse las endotoxinas (6).

Las concentraciones menores de NaOCl (0.5 o 1%) disuelven principalmente el tejido necrótico. Las concentraciones mayores proporcionan mejor disolución tisular, pero disuelven los tejidos tanto necróticos como vivos, un efecto no siempre deseable. En algunos casos puede estar indicado utilizar el NaOCl a máxima concentración (6%); pero, aunque las mayores concentraciones pueden aumentar el efecto antibacteriano *in vitro*, no se ha demostrado concluyentemente la mayor efectividad clínica de las concentraciones por encima del 1% (6). El NaOCl se considera una solución de irrigación desinfectante adecuada, pero se ha demostrado que la activación ultrasónica del mismo mejora su eficacia (11).

El NaOCl sólo proporciona una mínima eliminación de la dentina, debido a ello, algunos expertos recomiendan el uso simultáneo de sustancias desmineralizantes para eliminar de la superficie del conducto radicular un barrillo dentinario post-instrumentación y, por tanto, mejorar la limpieza de áreas de difícil alcance, como túbulos dentinarios y conductos laterales (6).

2.3.2. Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)

El compuesto de EDTA fue descrito en 1935 por Ferdinand Munz, quién preparó el compuesto a partir de etilendiamina y ácido cloracético, actualmente se sintetiza principalmente a partir de etilendiamina (1,2-diaminoetano), formaldehído (metanal) y cianuro sódico (6).

El EDTA se introdujo en el campo de la endodoncia en 1957, recomendándose para la disminución del tiempo de instrumentación, con efectos mínimos sobre los tejidos orales y los instrumentos del conducto radicular. Las indicaciones del EDTA incluyen la lubricación del conducto durante la instrumentación rotatoria, actividad

antibacteriana mejorada y la eliminación de la capa de barrillo dentinario. Se ha demostrado que el uso prolongado de EDTA causa una erosión excesiva de la dentina con aumento en el tamaño de la apertura de los tubulillos dentinarios (12).

Este agente se propone a menudo como solución de irrigación porque puede quelar y eliminar la porción mineralizada del barrillo dentinario (Figura 2). Los quelantes como el EDTA crean un complejo de calcio estable con el barrillo dentinario, la capa de detritos y depósitos cálcicos a lo largo de las paredes de los conductos, lo que puede ayudar a prevenir un bloqueo apical y contribuir a la desinfección al mejorar la difusión de las soluciones a través de la eliminación de la capa de barrillo dentinario (6).

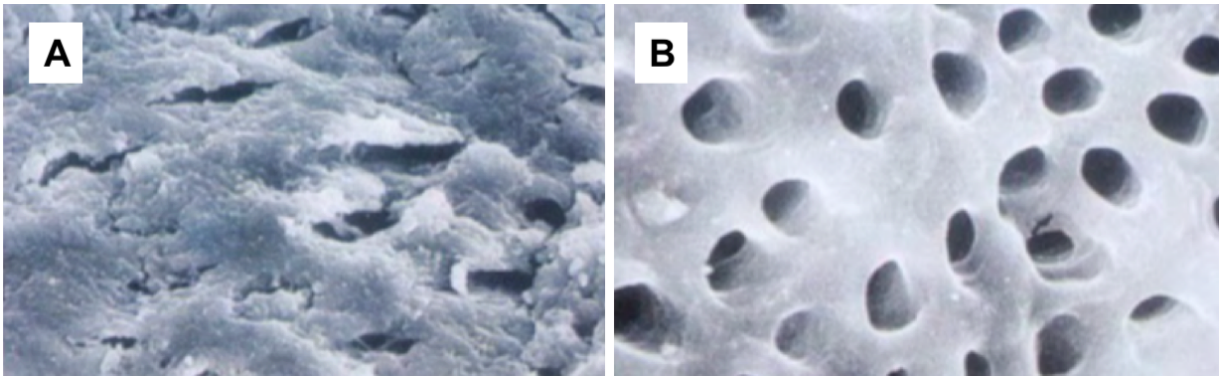


Figura 2. Microscopía electrónica de barrido al utilizar EDTA.

En la figura 2, se muestra una microfotografía de la pared del conducto radicular, la letra A muestra la pared del conducto con barrillo dentinario antes del uso de EDTA, y la letra B muestra los tubulillos libres de barrillo dentinario después del uso de EDTA (5).

Se debe utilizar por separado el EDTA y el NaOCl, ya que el EDTA inhibe la capacidad de disolución de tejidos proporcionada por el NaOCl. Por lo tanto el EDTA se utiliza preferentemente al final del procedimiento para eliminar el barrillo dentinario al entrar en contacto directo con la pared del conducto radicular durante menos de 1 minuto y suele utilizarse en concentraciones al 17%, sin embargo no evita la futura penetración bacteriana entre la obturación y las paredes del conducto radicular (6).

La utilización de EDTA aumenta la permeabilidad dentinaria, lo que favorece la acción de la medicación intraconducto y contribuye a la adaptación íntima de los materiales de obturación (5).

2.4. IMPACTO DE LA MEDICACIÓN INTRACONDUCTO

El uso de soluciones de irrigación y agentes antimicrobianos puede tener un efecto adverso sobre la adhesión a la dentina del conducto radicular. La importancia de la unión a la dentina del conducto radicular (para restauraciones adhesivas) ha llevado a los investigadores a evaluar los efectos de algunos medicamentos en las superficies endodónticas (13).

La medicación intraconducto puede tener un impacto negativo en el relleno radicular en sus propiedades físicas y adaptación a las paredes del conducto. El $Ca(OH)_2$ colocado como medicamento debe eliminarse antes de que se obture el conducto. Los estudios de laboratorio han revelado que los restos de $Ca(OH)_2$ pueden obstaculizar la penetración de los selladores en los túbulos dentinarios, limitar la unión de los selladores de resina a la dentina, aumentar la filtración apical de las obturaciones radiculares e interactúan potencialmente con los selladores de óxido de zinc y eugenol, y los hacen quebradizos y granulares. Por lo tanto, se recomienda la eliminación completa del $Ca(OH)_2$ del conducto radicular antes de su obturación (14).

2.4.1. Limitaciones del hidróxido de calcio

La manipulación y la colocación adecuada de $Ca(OH)_2$ son un reto para el profesional, su eliminación suele ser incompleta, dejando un residuo que cubre del 20% al 45% de las superficies de la pared de los conductos, incluso después de una irrigación copiosa con solución salina, NaOCl o EDTA (6).

El $Ca(OH)_2$ no es totalmente eficaz frente a varios patógenos endodónticos, como *E. faecalis* y *Candida albicans*. Estudios *in vitro* han demostrado que la dentina puede inactivar la actividad antibacteriana del $Ca(OH)_2$ y un estudio clínico ha mostrado que el número de conductos positivos a bacterias realmente aumentó después de la medicación con $Ca(OH)_2$ (6).

El $Ca(OH)_2$ residual puede acortar el tiempo de fraguado de selladores endodónticos de óxido de zinc-eugenol. Especialmente, pueden interferir en el sellado de una obturación radicular y afectar la calidad del tratamiento (6). El $Ca(OH)_2$ residual afecta las propiedades físicas de algunos selladores, así como la penetración en los túbulos dentinarios, la fuerza de unión de los selladores a la dentina radicular, e incluso el relleno de los conductos (15).

Sin embargo, la presencia de $Ca(OH)_2$ residual puede no afectar a la fuerza de adhesión de algunos selladores populares como el AH26 Plus y el iRoot SP. El $Ca(OH)_2$ residual puede predisponer el conducto radicular a la filtración apical cuando se utiliza un sellador a base de óxido de zinc y eugenol (16).

Estos problemas pueden representar un camino hacia la filtración bacteriana, debido a una mayor posibilidad de desalojo de material de obturación y percolación de fluidos de las vías coronal y apical, o de los conductos laterales (15).

Por lo tanto, antes de la obturación radicular, se debe retirar el medicamento de $Ca(OH)_2$ que se ha aplicado al conducto radicular. Cualquier residuo de $Ca(OH)_2$ en las paredes del conducto afecta negativamente la calidad del relleno radicular. Sin embargo, es difícil eliminar los residuos de $Ca(OH)_2$ de las paredes irregulares del conducto (17).

2.5. OBJETIVO DEL CEMENTO SELLADOR

Las discrepancias morfológicas de los instrumentos, conos de gutapercha y la variabilidad y complejidad anatómica de los conductos radiculares crean grandes dificultades para la obturación del sistema de conductos radiculares con un solo material, por lo que se requiere del cemento sellador endodóntico para complementarse con el material de núcleo como lo es la gutapercha. El sellador tiene por lo tanto la finalidad de ocupar los espacios creados entre la gutapercha y las paredes del conducto radicular, así como los espacios entre los mismos conos de gutapercha (5).

Los selladores endodónticos deben de cumplir con las siguientes características: 1) fácil manipulación y aplicación en el conducto radicular, 2) buena estabilidad dimensional, impermeabilidad y adherencia, 3) buen corrimiento, 4) radiopacidad adecuada, 5) no alterar el color del diente, 6) poseer acción antibacteriana, 7) posibilidad de removerse en parte o por completo y 8) ser biocompatible (5).

Los selladores son responsables de las principales funciones de los rellenos radiculares, cuyo objetivo es prevenir la reinfección. Es decir, sellar el sistema de conductos radiculares sepultando las bacterias restantes y rellenando las irregularidades del sistema de conductos preparado (14).

Los cementos selladores del conducto radicular son necesarios para sellar el espacio entre la pared dentinaria y el material obturador. Los cementos selladores también llenan los huecos y las irregularidades del conducto radicular, los conductos laterales y accesorios, y los espacios que quedan entre las puntas de gutapercha usadas en la compactación lateral. Además actúan como lubricantes durante el proceso de obturación. Sin embargo, en la actualidad ningún cemento sellador satisface todos los criterios establecidos por Grossman (6).

Los cementos selladores más populares son las mezclas de óxido de zinc-eugenol, el $Ca(OH)_2$, los ionómeros de vidrio y las resinas. Estos deben ser biocompatibles y bien tolerados por los tejidos perirradiculares, todos los cementos presentan toxicidad cuando están recién mezclados; sin embargo, la toxicidad disminuye mucho al fraguar. Son reabsorbibles cuando entran en contacto con los tejidos y los fluidos tisulares. Al parecer, la curación y la reparación de los tejidos no son afectadas por la mayoría de los cementos selladores, siempre que no se produzcan derivados catabólicos perjudiciales con el paso del tiempo. Los productos de la descomposición de los cementos selladores pueden tener un efecto adverso sobre la capacidad de proliferación de las poblaciones celulares perirradiculares (6).

2.6. MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE $Ca(OH)_2$

El método mas comúnmente descrito para eliminar el $Ca(OH)_2$ es la instrumentación junto con NaOCl y soluciones de irrigación con EDTA combinados con el uso de una lima apical maestra en la longitud de trabajo. Varios estudios han examinado los métodos de eliminación de $Ca(OH)_2$ del conducto radicular usando instrumentos rotatorios de Níquel Titanio (NiTi), utilizando una lima de permeabilidad apical y NaOCl con irrigación ultrasónica pasiva, los cuales eliminan más eficazmente el $Ca(OH)_2$ del conducto. Sin embargo todavía no existe un consenso general sobre que técnica es mejor (17).

Estudios anteriores han demostrado que ningún método de preparación mecánica o solución de irrigación existente libera completamente el conducto principal de $Ca(OH)_2$ residual. El $Ca(OH)_2$ que permanece en las irregularidades del conducto en el tercio apical radicular puede ser inaccesible para las limas manuales, los sistemas rotatorios o la irrigación abundante con NaOCl o EDTA (18).

La agitación de los diversos irrigantes utilizados durante el tratamiento del conducto radicular, ya sea mediante técnicas ultrasónicas, sónicas o manuales, se ha convertido en una parte rutinaria del tratamiento de endodoncia, siendo un paso importante para los dientes con infección persistente, que se presentan como una exudación o hemorragia continua (16).

2.6.1. Activación ultrasónica pasiva (PUI)

La acción ultrasónica es más eficaz si la lima puede oscilar libremente dentro del conducto radicular. El aumento de temperatura que se produce por el uso de potencia ultrasónica durante la irrigación del conducto mejora el efecto antibacteriano por calentamiento de la solución irrigante permitiendo la limpieza de áreas como lo son los istmos, aletas o conductos en forma de C, debido a la corriente acústica que emite, incluso otras áreas de difícil acceso como túbulos dentinarios o conductos laterales en menor grado. La desinfección mediante la activación ultrasónica es más eficaz, y es una consideración importante en casos necróticos. Kuah y cols. demostraron que para

eliminar barrillo dentinario y residuos en la región apical de un conducto radicular preparado, la aplicación de EDTA durante 1 minuto con ultrasonidos y un lavado final con NaOCl fue el método más competente (Figura 3) (6).

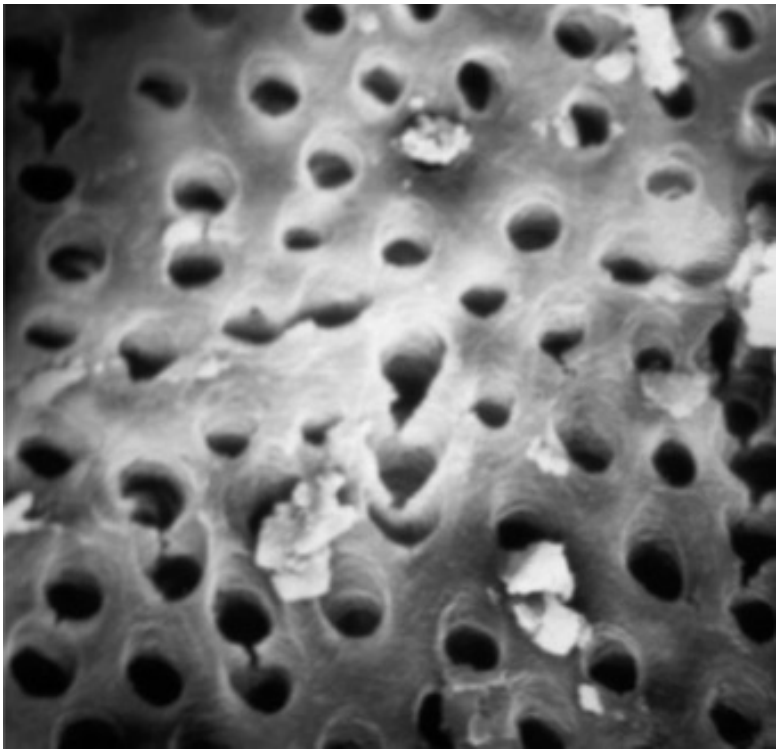


Figura 3. Microscopía electrónica de barrido del conducto radicular.

En la figura 3, se muestra la pared del conducto radicular después de la eliminación de la capa de barrillo dentinario con EDTA al 17% y NaOCl al 5.25% (6).

La instrumentación ultrasónica no es un método eficaz o ventajoso de preparación y desbridamiento del conducto radicular por sí misma. Actúa como un método complementario de agitación del irrigante para ayudar a lograr mejores resultados del tratamiento al mejorar la desinfección y disolución del tejido (Figura 4) (16).

La PUI parece ser el método de activación predominante para las soluciones de irrigación endodóntica. Se ha demostrado que la razón principal de la eficacia adicional a través del ultrasonido es causada por los efectos de transmisión acústica que

aumentan el esfuerzo cortante de la pared y mejoran la ruptura de la biopelícula intrarradicular (11).

La PUI se define como la activación del irrigante sin preparación simultánea de las paredes del conducto radicular, esta es más eficaz si la lima puede oscilar libremente dentro del conducto, tales vibraciones son mayores a 20.000 Hz. El aumento de la temperatura producida por el uso de potencia ultrasónica durante la irrigación del conducto mejora el efecto antimicrobiano por calentamiento de la solución irrigante (6).

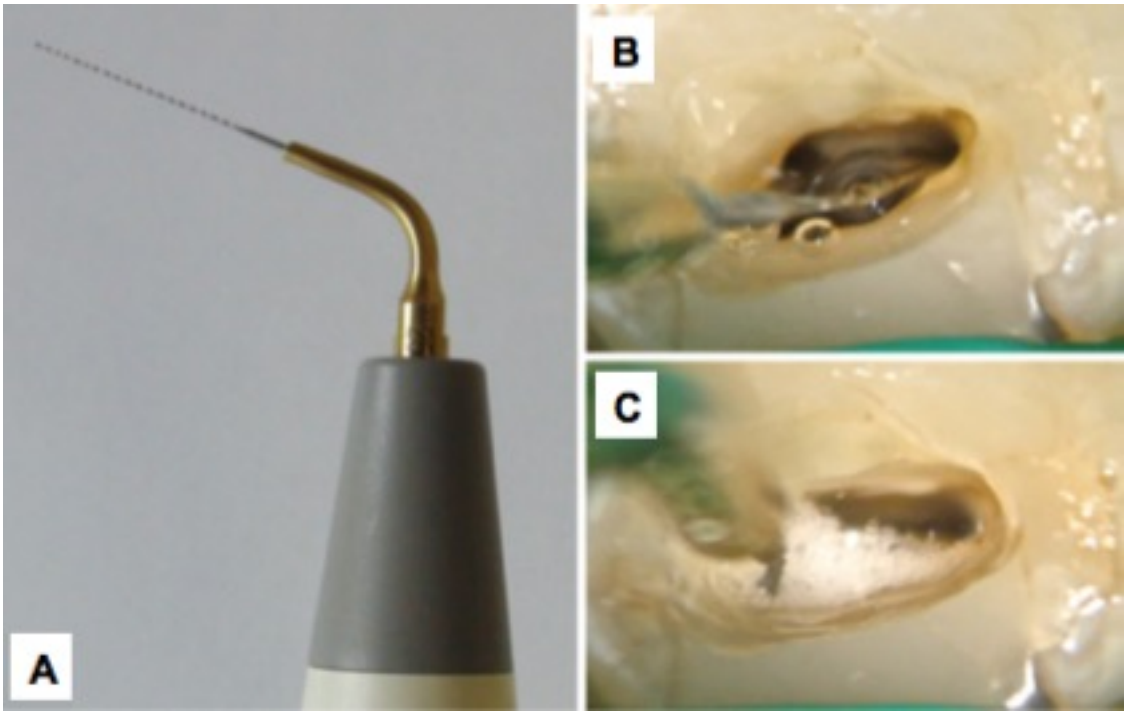


Figura 4. Irrigación ultrasónica.

En la figura 4, la letra A muestra un inserto ultrasónico utilizado en el mecanismo de activación ultrasónica pasiva del irrigante, la letra B muestra la introducción del inserto al interior del conducto, y la letra C muestra el inserto accionado a manera que oscila libremente sobre las paredes del conducto radicular emitiendo calor a la solución irrigadora mediante la vibración (16).

Sin embargo, se han identificado varias limitaciones que imponen problemas de procedimiento cuando se utiliza la activación ultrasónica. El contacto de la pared con el instrumento oscilante amortigua la energía y limita el movimiento de la lima. Por lo tanto, en los conductos radiculares curvos, es menos probable que los instrumentos ultrasónicos oscilen libremente. Se ha demostrado que incluso en conductos radiculares rectos, un instrumento ultrasónico entra en contacto con la pared durante al menos el 20% del tiempo de trabajo (11).

Debido a que la irrigación manual con NaOCl u otros irrigantes no puede eliminar con éxito los apósitos por completo, se ha propuesto una combinación de eliminación química y activación mecánica del irrigante para asegurar resultados favorables. La activación ultrasónica pasiva se considera el estándar de oro para la activación del irrigante en toda la literatura actual. No obstante, incluso la activación ultrasónica pasiva no logró eliminar completamente el $Ca(OH)_2$ de las ranuras en la pared del conducto radicular. La irrigación ultrasónica pasiva, la irrigación manual con una jeringa y la activación mecánica con XPendo Finisher se han investigado con respecto a la eliminación de apósitos de $Ca(OH)_2$ intraconducto. Los resultados sobre la eficacia de estos dispositivos son controvertidos (19).

La agitación del irrigante mediante el uso de un inserto ultrasónico se ha estudiado en los últimos años por que se considera más eficiente en la limpieza del sistema de conducto radicular, en comparación con la irrigación tradicional con una jeringa debido a la cavitación y transmisión acústica que produce (20).

Se utiliza una unidad ultrasónica junto con puntas ultrasónicas para proporcionar la energía necesaria para la oscilación de la punta. Según el fabricante, se informó que la irrigación ultrasónica continua facilita la introducción de irrigantes en el sistema del conducto radicular, elimina los desechos de los istmos, proporciona un mejor desbridamiento del conducto radicular y promueve la interrupción de biopelículas (21).

El tiempo de activación ultrasónica puede variar desde 8-10 s hasta 1 minuto por conducto por lo que no hay un consenso sobre la cantidad de tiempo de agitación necesaria para la máxima eliminación de un medicamento intraconducto. La elección

del irrigante también puede afectar a la eficacia de la eliminación del $Ca(OH)_2$, ya que los agentes quelantes del calcio, como el EDTA al 17% y el ácido cítrico al 10%, permiten una mayor eliminación del $Ca(OH)_2$ (16).

2.6.2. Activación sónica

Para evitar los efectos perjudiciales causados por la activación ultrasónica, se sugirió activar la solución de irrigación con puntas de plástico que no cortan accionadas por sonido. Entre los dispositivos que utilizan esta técnica, el dispositivo EndoActivator (Dentsply, Tulsa, OK) parece ser el sistema mejor documentado. El principio es utilizar una punta de poliamida para activar la solución y así evitar el corte activo de las paredes del conducto radicular o la apertura de la constricción apical (11).

Además de los ultrasonidos, se pueden utilizar otros instrumentos para la activación del irrigante y eliminación de apósitos, como el EndoActivator que utiliza una pieza de mano portátil de tres puntas fabricadas en polímero no cortante disponible en tres diámetros y conicidades (tamaño 15, conicidad 0.02; tamaño 25, conicidad 0.04; y tamaño 35, conicidad 0,04) (Figura 5). Estudios han demostrado una efectividad similar o incluso superior en la eliminación de la capa de smear layer y $Ca(OH)_2$ del interior de las curvaturas (principalmente tercio apical) y conductos con reabsorción interna con este dispositivo (20).

Los movimientos oscilantes de la activación sónica van en un rango de 1500 y 6000 Hz (6). Se ha demostrado que la activación sónica con frecuencia de 6000 Hz permite una reducción de la carga bacteriana en conductos radiculares curvos y rectos en comparación con la irrigación ultrasónica pasiva (19).

La mayoría de los estudios revelan que la eliminación completa del $Ca(OH)_2$ mediante instrumentación, irrigación convencional o métodos de irrigación activada no es posible independientemente de la técnica (16).

El dispositivo sónico EQ-S de Metabiomed (Figura 6), realiza un movimiento rotacional y vertical, utiliza puntas de plástico con ranuras en su longitud, que combinada con el movimiento en sentido antihorario asegura el flujo activo en 3 dimensiones. La forma

y el diseño únicos de la punta crean una fuerza más intensa, lo que mejora el flujo en conductos pequeños, este sistema ejerce menos presión sobre el foramen apical, puede accesar con facilidad en conductos curvos y realiza una perfecta interacción con el irrigante. Este sistema incluye puntas plásticas no cortantes de tres tamaños diferentes de calibre y conicidad (15/02, 25/02 y 35/02), que son utilizadas de acuerdo al tamaño del conducto radicular, realizando movimientos de entrada y salida aproximadamente a 2-3 mm de distancia del foramen apical, con la aplicación de NaOCl, EDTA, entre otras soluciones, lo cual facilita la eliminación de barrillo dentinario (22).



Figura 5. Sónico EndoActivator.

En la figura 5, se muestra la apariencia del sistema EndoActivator conformada por una pieza de mano subsónica fácil de utilizar, que contiene puntas de polímero seguras y no cortantes para agitar de manera rápida y enérgicamente las soluciones irrigantes durante el tratamiento endodóntico (6).



Figura 6. Sónico EQ-S

En la figura 6, se muestra la apariencia del dispositivo sónico EQ-S, conformado por una pieza de mano de 43 g, y puntas plásticas no cortantes, de 3 tamaños distintos, utilizadas para activar las soluciones irrigadoras (22).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la presente investigación se plantea evaluar la aplicación de sistemas ultrasónicos y sónicos como activadores de la solución irrigante para la correcta eliminación del $Ca(OH)_2$ y nejayote presente en las paredes del sistema de conductos radiculares, permitiendo así la permeabilidad de los tubulillos dentinarios para la posterior obturación endodóntica.

Por lo que nos hacemos la siguiente pregunta: ¿Qué sistema de activación de los irrigantes entre activación ultrasónica y activación sónica es más eficaz para la eliminación del remanente de la medicación intraconducto presente en las paredes de los conductos radiculares de órganos dentarios unirradiculares extraídos?

IV. JUSTIFICACIÓN

La medicación intraconducto con $Ca(OH)_2$ penetra los tubulillos dentinarios de la pared radicular, su eliminación total no suele ser fácil y su presencia impide la correcta distribución de los cementos selladores hacia el interior de los tubulillos. Por lo tanto, la medicación intraconducto debe removerse en la mayor cantidad posible previo a la obturación. En la actualidad la activación sónica y ultrasónica son muy utilizadas en la práctica clínica y es importante conocer un dato real de la efectividad de las mismas en la eliminación de la medicación intraconducto debido al impacto que este genera en el éxito del tratamiento respecto a la filtración.

Por lo anterior, la finalidad de este estudio es comparar la eficacia del sistema de activación sónica con EQ-S y ultrasónica para la eliminación del nejayote de las paredes del conducto radicular utilizado como una alternativa de medicación intraconducto, así mismo, el resultado obtenido se podrá utilizar para contribuir a la preparación de la superficie dentinaria proporcionando las condiciones físico-químicas óptimas para lograr un sellado tridimensional del conducto radicular que sea capaz de evitar la filtración de bacterias y sus toxinas, elevando el éxito clínico.

V. HIPÓTESIS

5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

La caracterización planteada en este trabajo de investigación nos permitirá identificar diferencias -si las hay- en la eficacia del dispositivo sónico con EQ-S y el dispositivo ultrasónico con NSK Varios 370 en la eliminación de la medicación intraconducto de los tubulillos dentinarios de las paredes de los conductos de órganos dentarios extraídos.

5.2. HIPÓTESIS NULA (H0)

No existirá diferencia estadísticamente significativa (con un nivel de confianza del 95%) al comparar la eficacia de los dispositivos sónico y ultrasónico objeto de estudio en la eliminación de la medicación intraconducto de órganos dentarios extraídos.

5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1)

Existirá diferencia estadísticamente significativa (con un nivel de confianza del 95%) al comparar la eficacia de los dispositivos sónico y ultrasónico objeto de estudio en la eliminación de la medicación intraconducto de órganos dentarios extraídos.

VI. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar la eficacia de la activación ultrasónica pasiva y la activación sónica con EQ-S en la eliminación del $Ca(OH)_2$ y nejayote de las zonas inalcanzables de las paredes de conductos radiculares rectos de premolares mandibulares mediante ensayos *in vitro*.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Preparar los órganos dentales premolares inferiores unirradiculares, mediante instrumentación rotatoria con limas ProTaper Gold.
2. Medicar con $Ca(OH)_2$ el primer grupo de órganos dentales y con nejayote el segundo grupo.
3. Evaluar la capacidad de la eliminación de las medicaciones intraconducto ($Ca(OH)_2$ y nejayote) de las paredes del conducto radicular utilizando sistema de activación sónica y ultrasónica mediante filtración con tinción de azul de metileno.

VII. VARIABLES

7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

1. Dispositivos de activación del irrigante (EQ-S y NSK Varios 370).

2. Medicación intraconducto ($Ca(OH)_2$ y nejayote).

7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Grado de eliminación de la medicación intraconducto.

7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES

La eficacia de los diferentes dispositivos de activación del irrigante se evaluó mediante un ensayo *in vitro*. Se realizó la decoronación de premolares unirradiculares y la conformación de los conductos mediante la instrumentación con el sistema ProTaper Gold, enseguida los conductos fueron secados y medicados con $Ca(OH)_2$ y nejayote, estos se mantuvieron una semana en cámara húmeda, posteriormente se removió la medicación mediante la activación de NaOCl al 5.25% con los dispositivos EQ-S y NSK Varios 370 objeto de estudio. Las raíces fueron secadas e inyectadas con azul de metileno, se realizaron cortes transversales para observar el grado de filtración de la tinción al interior de los tubulillos mediante la técnica de filtración, lo cual demostró la permeabilidad o la obstrucción de los tubulillos con la medicación intraconducto, por lo tanto el grado de eliminación de la medicación se evaluó mediante fotografías digitales, obteniendo la medida en pixeles de la filtración de la tinción utilizando el programa Image J, los resultados obtenidos se analizaron por el método de Tukey y Šídák.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. TIPO DE ESTUDIO

Experimental *in vitro*.

8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO

Se utilizaron 36 órganos dentales premolares mandibulares unirradiculares de reciente extracción por motivos ortodónticos o periodontales, con conductos únicos y ápices cerrados. Se dividieron en 6 grupos (n = 6):

Grupo control 1: sin medicación + activación ultrasónica.

Grupo control 2: sin medicación + activación sónica.

Grupo 1: medicación con $Ca(OH)_2$ + activación ultrasónica.

Grupo 2: medicación con $Ca(OH)_2$ + activación sónica.

Grupo 3: medicación con nejayote + activación ultrasónica.

Grupo 4: medicación con nejayote + activación sónica.

8.2.1. Criterios de inclusión

- Premolares inferiores.
- Ápices cerrados.
- Conductos únicos.

8.2.2. Criterios de exclusión

- Reabsorción radicular interna o externa.
- Tratamiento de conductos previo.

- Curvaturas abruptas.
- Fractura/fisura radicular.

8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL

Para corroborar que los dientes tengan un solo conducto se tomaron radiografías digitales mediante el radiovisiografo RVG 6200 (Carestream Dental, Atlanta, GA. EUA). Se eliminaron los residuos orgánicos de la superficie radicular con una cureta 13/14 (Hu-Friedy Mfg. Co., Rockwell St. Chicago, IL USA). Los dientes se decoronaron con un disco de diamante (SYNDENT Tools Co., Ltd, China) incorporado en una pieza de baja velocidad (Kavo Kerr). Se realizó una muesca en la superficie radicular vestibular debajo del limite amelodentinario para identificar dicha cara del órgano dental, con una fresa de bola de carburo #2 (Midwest) utilizando una pieza de alta velocidad (Denshine 6076520).

Los conductos se localizaron con un explorador de conductos DG16 (Hu-Friedy Mfg. Co., LLC 3232 N. Rockwell St. Chicago, IL 60618 USA). Durante la instrumentación se utilizaron limas K #10 y #15 SybronEndo (Kerr, Italia) para la permeabilización del conducto radicular. Para la preparación biomecánica se utilizó el sistema rotatorio ProTaper Gold (Dentsply,Tulsa dental, Suiza) (Figura 7), accionadas con el motor E-Connect Pro de Eighteeth (Changzhou Sifary Technology Co. China) (Figura 8).



Figura 7. Instrumentos rotatorios ProTaper Gold.

En la figura 7, se muestra la secuencia de los instrumentos rotatorios ProTaper Gold, Sx, S1, S2, F1, F2 y F3 de conicidad variable.



Figura 8. Endomotor.

En la figura 8, se muestra el endomotor de la marca Eighteeth utilizado para accionar los instrumentos rotatorios ProTaper Gold.

En el protocolo de irrigación se utilizó NaOCl al 5.25% (Cloralex, Industrias ALEN, S.A. de C.V. México), EDTA al 17% (Viarden S.A de C.V, Xochitls, Ahuacatitlan Teloiuana, Guerrero), y solución salina al 0.9% (PiSA, S.A. de C.V. San Isidro Mazatepec, Jalisco México), los cuales se aplicaron con una jeringa de irrigación BD Plastipak 5 ml (Becton Dickinson de México, S.A. de C.V., México), y agujas endodónticas de salida lateral calibre 27G (ACMEDENT, Concord, Canadá). Para secar los conductos se usaron puntas de papel absorbente calibre #30 (Coltene/Whaladent, 89129 Langenau/Germany), se colocó teflón (Fleximatic S.A. de C.V., China) en la entrada del conducto y restauración temporal (Provisit, México D.F.).

Los órganos dentales se medicaron con $Ca(OH)_2$ de la marca Ultracal Xs (Ultradent products inc., USA) en su presentación inyectable y nejayote procesado en el laboratorio de química de la Universidad Autónoma de Baja California. Se mantuvieron los órganos dentales en cámara húmeda (HHD) (Figura 9) durante una semana para simular la presencia en cavidad bucal.

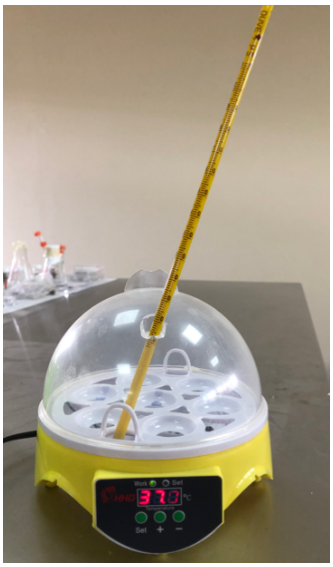


Figura 9. Cámara de humedad.

En la figura 9, se muestra la cámara de humedad de la marca HHD, utilizada para mantener los órganos dentales a 37ºC.

Para el protocolo de activación del irrigante se utilizaron los sistemas de activación objeto de estudio, ultrasónico NSK- Varios 370, (NSK Dental Korea Co., Ltd., Seúl) con punta U calibre #15 de la misma marca, y el sistema sónico EQ-S (Metabiomed) con la punta de polímero calibre #15/02 (Figura 10).

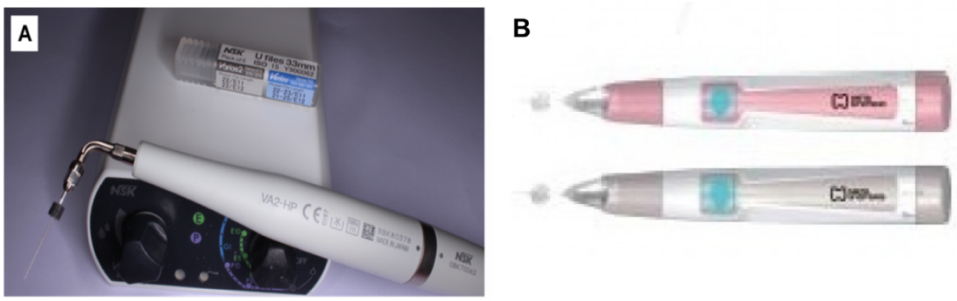


Figura 10. Activadores del irrigante.

En la figura 10, la letra A muestra el ultrasónico NSK varios 370, y las puntas U calibre #15 de la marca NSK, la letra B muestra el sónico EQ-S con la punta plástica #15.02.

La evaluación de la eliminación de la medicación se realizó mediante la técnica de filtración con azul de metileno (All-Blue, Biomaa, México) (Figura 11) depositado en el interior del conducto radicular, analizado con fotografías digitales tomadas con la cámara de un iPhone XS (Apple), cargadas en el software Image J (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, EE. UU.).



Figura 11. Azul de metileno.

En la figura 11, se muestra la tinta de azul de metileno de la marca All-Blue.

8.4. METODOLOGÍA

8.4.1. Preparación de la muestra

En este estudio se seleccionaron 36 premolares inferiores unirradiculares y de conductos únicos, extraídos por motivos ortodónticos o periodontales. Las muestras se sumergieron en solución salina al 0.9% hasta su uso. El tejido blando y el cálculo dental que se encontró en las superficies radiculares se eliminaron mecánicamente con una cureta periodontal 13/14. Se tomaron radiografías digitales para comprobar que los órganos dentales presenten un solo conducto y estos pudieran ser incluidos en el estudio (Figura 12).

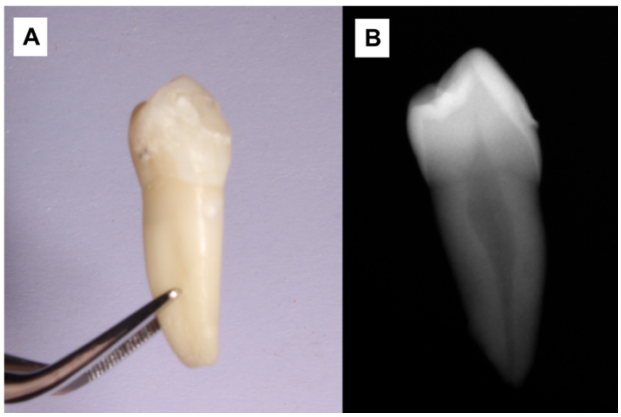


Figura 12. Selección de la muestra.

En la figura 12, la letra A muestra un premolar inferior unirradicular de reciente extracción, con ápice cerrado, la letra B muestra la imagen radiográfica comprobando que el órgano dental presenta un solo conducto.

A cada diente se le realizó una muesca horizontal colocada en la superficie vestibular justo debajo de la línea cervical para que esta superficie sea identificada después de la amputación de la corona (Figura 13). En seguida se realizó la decoronación de los dientes con un disco de diamante para obtener una longitud estandarizada de 16 mm (Figura 14) y estos se enjuagaron con agua del grifo para eliminar los restos de los cortes superficiales de las raíces.



Figura 13. Muesca.

En la figura 13, se muestra la realización de una muesca debajo del limite amelodentinario con una fresa de bola de carburo #2.

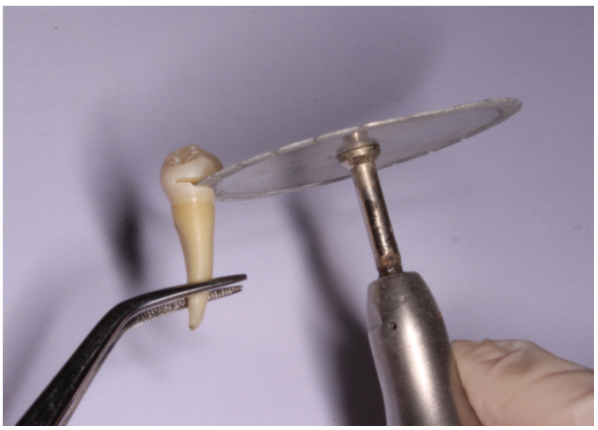


Figura 14. Decoronación.

En la figura 14, se muestra la decoronación del órgano dental para la estandarización de la longitud a 16 mm.

Se enumeraron los órganos dentales utilizando un plumón de tinta permanente (Sharpie), y se barnizaron con tres capas de esmalte para uñas transparente (Dreams nails) para evitar la posterior filtración extrarradicular de azul de metileno (Figura 15).

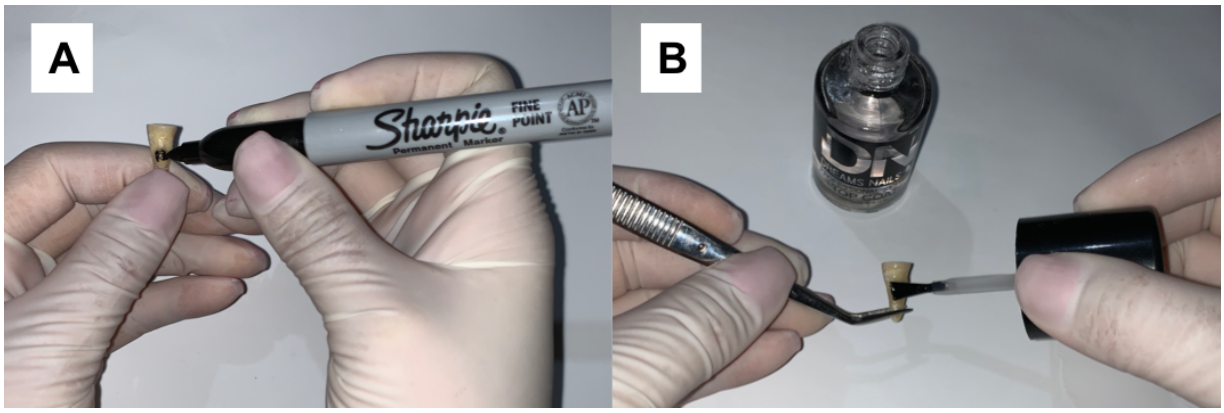


Figura 15. Rotulación de la muestra.

En la figura 15, la letra A muestra la rotulación de los órganos dentales con números arábigos utilizando tinta indeleble, la letra B muestra la colocación de barniz en la superficie radicular externa con esmalte transparente.

Se extirpó la mayor parte del tejido pulpar y se realizó la permeabilidad del conducto con una lima tipo K #10 y #15, se tomó la conductometría a 15 mm y se tomaron radiografías digitales (Figura 16), los conductos radiculares se instrumentaron utilizando limas rotatorias ProTaper Gold hasta el tamaño F3 ISO 30, conicidad 0.09 utilizando el motor E-Connect Pro con los ajustes según las instrucciones del fabricante (Figura 17). Durante la instrumentación se realizó la irrigación con aguja de ventana lateral de calibre 27, y 3 ml de NaOCl al 5.25% después de cada instrumento. Como protocolo de irrigación final se realizó la irrigación con 3 ml de solución salina al 0.9% antes y después de la irrigación con 3 ml de EDTA al 17% (Figura 18). Los conductos se secaron con conos de papel absorbente calibre #30 (Figura 19).



Figura 16. Conductometría.

En la figura 16, la letra A muestra los órganos dentales decoronados y la utilización de una lima K #15 para la determinación de la longitud de trabajo establecida a 15 mm, la letra B muestra la imagen radiográfica de la conductometría.

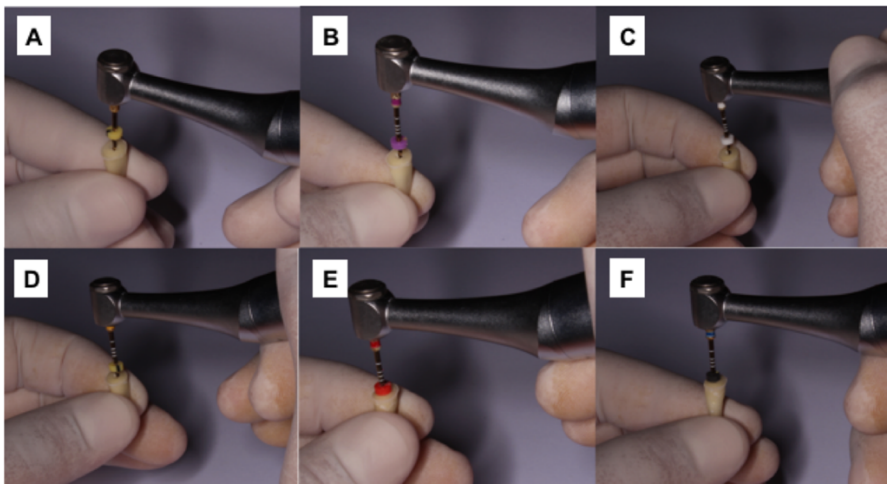


Figura 17. Preparación biomecánica.

En la figura 17, la letra A muestra el abridor Sx, la letra B muestra el instrumento S1, la letra C muestra el instrumento S2, la letra D muestra el instrumento F1, la letra E muestra el instrumento F2 y la letra F muestra el instrumento F3.

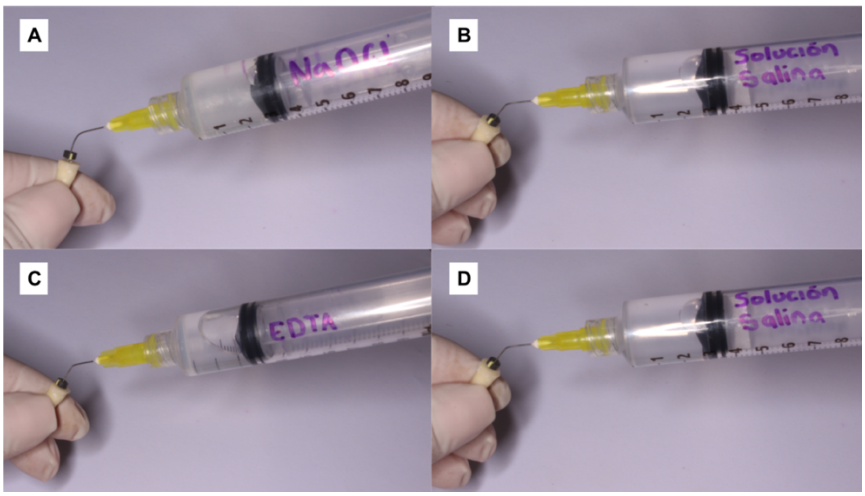


Figura 18. Protocolo de irrigación.

En la figura 18, la letra A muestra 3 ml del irrigante con NaOCl al 5.25%, la letra B muestra 3 ml del irrigante de solución salina al 0.9%, la letra C muestra 3 ml del irrigante de EDTA al 17%, y la letra D muestra 3 ml del irrigante de solución salina al 0.9%.

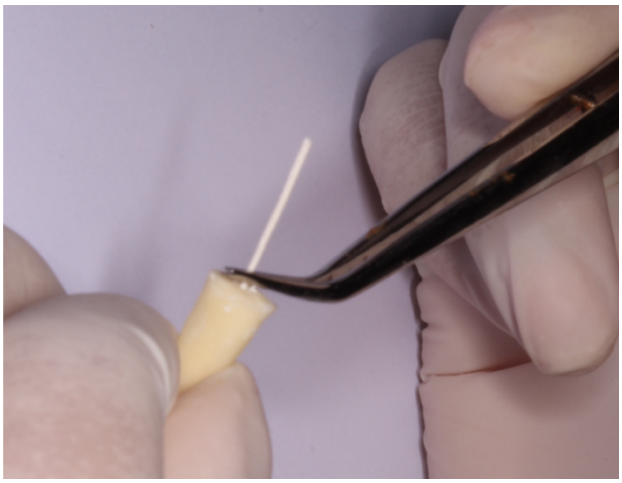


Figura 19. Secado del conducto.

En la figura 19, se muestra la utilización de conos de papel absorbente calibre #30 para secar el conducto radicular.

8.4.2. Medicación de la muestra

24 órganos dentales se dividieron en 2 grupos de 12 premolares inferiores cada uno. El grupo 1 (n=12) se medicó con $Ca(OH)_2$ (Figura 20) y el grupo 2 (n=12) con nejayote (Figura 21); los 12 órganos restantes se tomaron como control por lo que no se les colocó medicación. Se colocó una bolita de teflón y provisit en la entrada de los conductos, y se introdujeron en un tubo eppendorf con una bolita de algodón humedecida con alcohol, y se mantuvieron en cámara húmeda a 37ºC durante una semana, para simular la humedad de la cavidad oral (Figura 22).

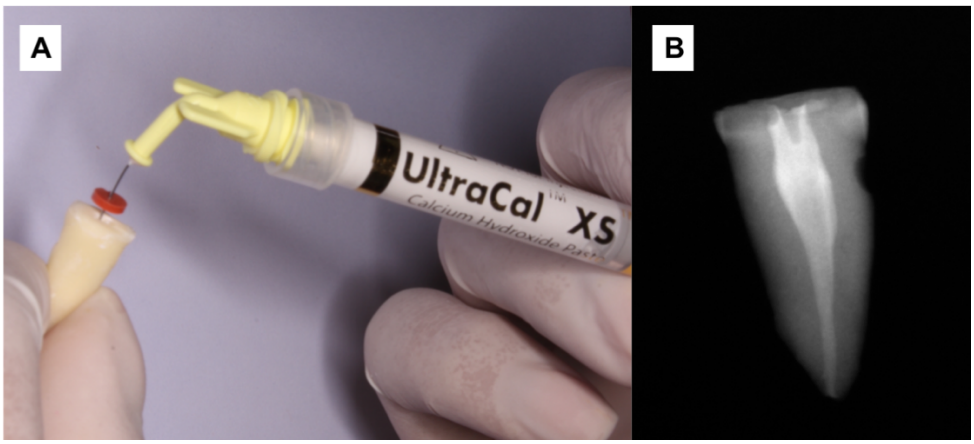


Figura 20. Medicación con $Ca(OH)_2$.

En la figura 20, la letra A muestra la colocación de $Ca(OH)_2$ inyectable de la marca UltraCal Xs dentro del conducto radicular, la letra B muestra la imagen radiográfica de la medicación con $Ca(OH)_2$ a lo largo del espacio del conducto radicular.

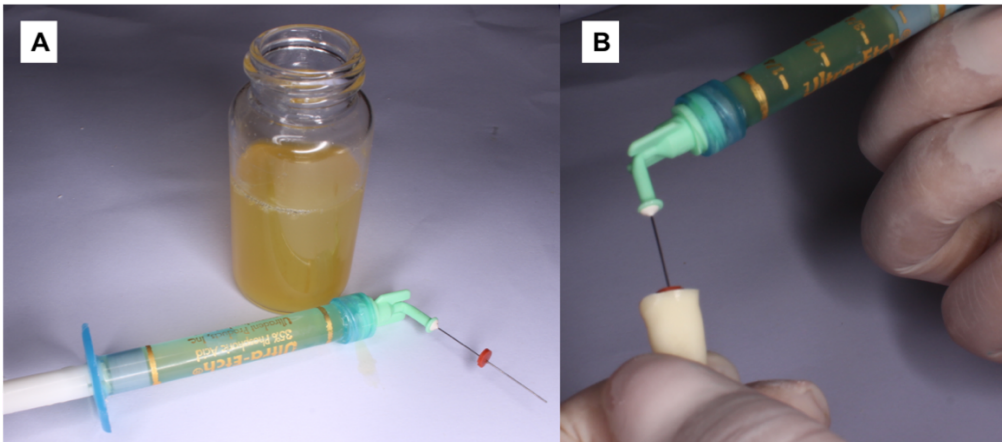


Figura 21. Medicación con nejayote.

En la figura 21, la letra A muestra el extracto de nejayote, y la letra B muestra la medicación inyectada dentro del conducto radicular.

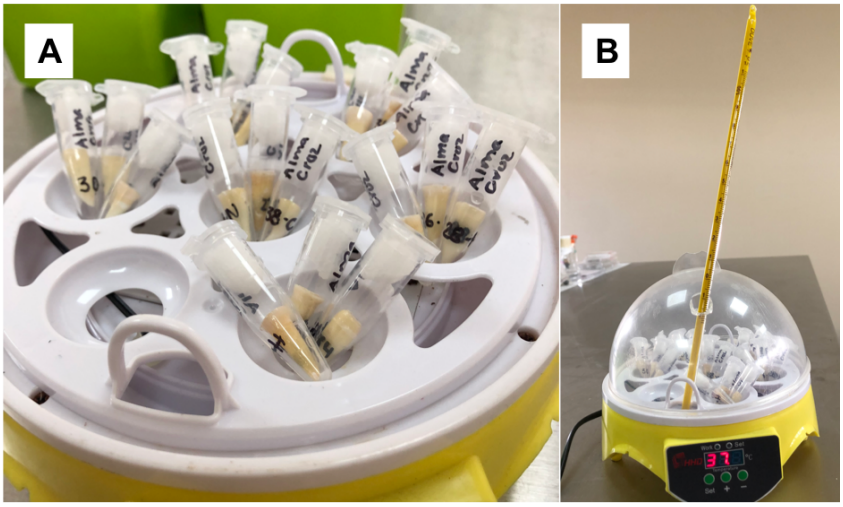


Figura 22. Cámara húmeda.

En la figura 22, la letra A muestra la colocación de los órganos dentales dentro de los tubos eppendorf con una bolita de algodón humedecida en alcohol en la superficie, la letra B muestra la cámara húmeda con 100% de humedad a 37ºC con la muestra en su interior.

8.4.3. Evaluación de la capacidad de eliminación de las medicaciones intraconducto ($Ca(OH)_2$ y nejayote)

Para el grupo 1 (medicación con $Ca(OH)_2$ + activación ultrasónica), el grupo 3 (medicación con nejayote + activación ultrasónica) y el grupo control 1 (sin medicación + activación ultrasónica):

Se accionó el instrumento F3 para permeabilizar el conducto y remover la medicación superficial, se irrigó cada conducto con 3 ml de NaOCl durante 1 minuto, y se activó durante 20 s con el ultrasonido NSK 370 con la punta U calibre #15 (Figura 23) esto se repitió por 3 ciclos, dando un total de 60 s de activación, 9 ml de irrigante, y 3 minutos de irrigación, finalmente se irrigó con 3 ml de solución salina al 0.9%.

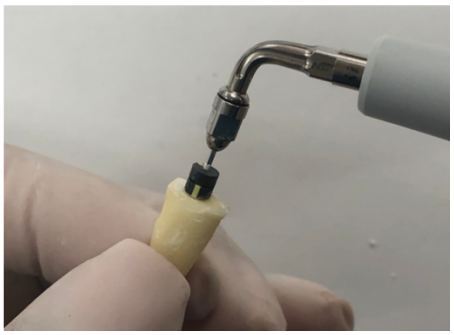


Figura 23. Activación ultrasónica.

En la figura 23, se muestra la activación de NaOCl con el ultrasónico NSK varios 370 utilizando la punta U calibre #15.

Para el grupo 2 (medicación con $Ca(OH)_2$ + activación sónica), el grupo 4 (medicación con nejayote + activación sónica) y el grupo control 2 (sin medicación + activación sónica):

Se accionó el instrumento F3 para permeabilizar el conducto y remover la medicación superficial, se irrigó cada conducto con 3 ml de NaOCl durante 1 minuto, y se activó durante 20 s con el sónico EQ-S con la punta de polímero #15/02, esto se repitió por 3 ciclos, dando un total de 60 s de activación, 9 ml de irrigante, y 3 minutos de irrigación, finalmente se irrigó con 3 ml de solución salina al 0.9% (Figura 24).



Figura 24. Activación sónica.

En la figura 24, se muestra la activación de NaOCl con el sónico EQ-S utilizando la punta de polímero calibre 15/02.

Se procedió a secar los conductos con conos de papel absorbente calibre #30 y se inyectó tinción de azul de metileno al interior del conducto radicular utilizando una jeringa a 1 mm de la longitud de trabajo verificando que se desplazara a lo largo del conducto observando una gota fuera del ápice, dicha tinción se mantuvo durante 3 minutos, posteriormente se introdujo la aguja calibre 27 y se retrajo el émbolo de la jeringa para succionar el remanente de azul de metileno (Figura 25).

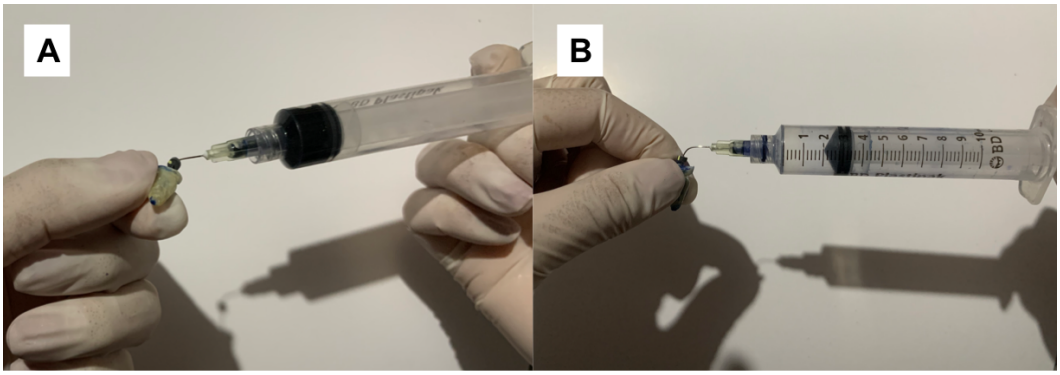


Figura 25. Técnica de tinción.

En la figura 25, la letra A muestra a colocación de la tinción de azul de metileno en el interior del conducto radicular observando su desplazamiento hasta salir del ápice, la letra B muestra la retracción del émbolo de la jeringa para eliminar el excedente de tinción después de 3 minutos de su colocación.

8.4.4. Valoración del grado de filtración de NaOCl con tinción de azul de metileno mediante Image J

Después de añadir la tinción de azul de metileno, todos los órganos dentales se seccionaron transversalmente, se removió 1 mm apical, y se dividió en tres partes, correspondientes al tercio apical, medio y cervical con una medida de 5 mm cada uno (Figura 26).

En seguida se tomaron fotografías digitales de las porciones seccionadas, junto con una hoja cuadriculada milimétricamente (Figura 27, Figura 28 y Figura 29). Todas las imágenes fueron capturadas usando la misma distancia focal de 15 cm con una

resolución fija y un enfoque óptimo con aumento de 10x utilizando la cámara de un Iphone XS, luego fueron cargadas en el software Image J para su posterior análisis de resultados, en el cual se tomaron 4 puntos de referencia de la filtración de NaOCl representado con la extensión de tinción de azul de metileno hacia arriba, derecha, abajo e izquierda, iniciando en la luz del conducto con una anchura o altura de 30 pixeles hasta su extensión máxima (Figura 30).

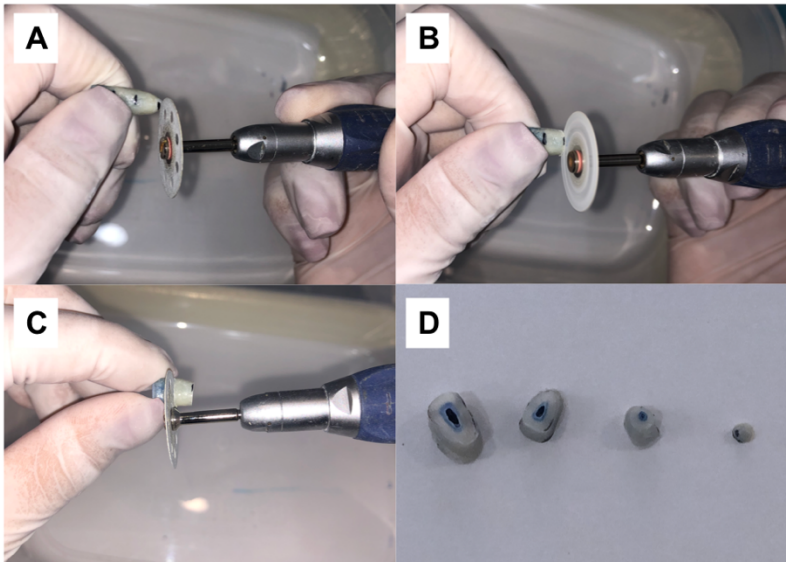


Figura 26. Cortes transversales en tercios.

En la figura 26, la letra A muestra la realización de un corte transversal eliminando el último milímetro apical, la letra B muestra el corte transversal del tercio apical de 5 mm, la letra C muestra el corte transversal del tercio medio de 5 mm y la obtención del tercio cervical, la letra D muestra los cortes transversales obtenidos.

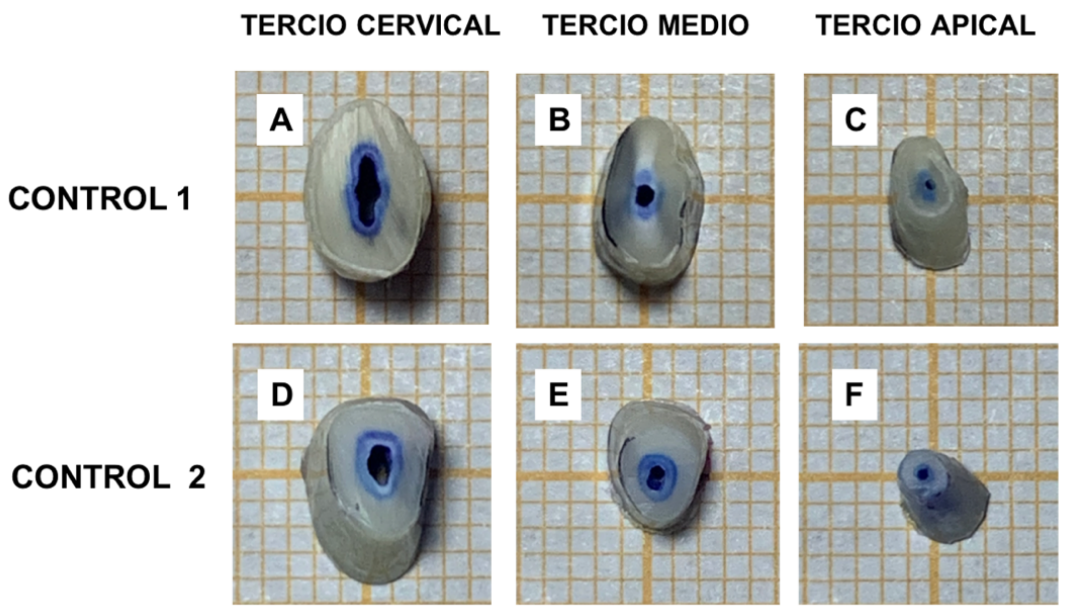


Figura 27. Grupos control sin medicación intraconducto.

En la figura 27, la letra A, B, y C corresponden al tercio cervical, medio y apical del grupo control 1 sin medicación, activado con ultrasónico. La letra D, E, y F corresponden al tercio cervical, medio y apical del grupo control 2 sin medicación activado con sónico.

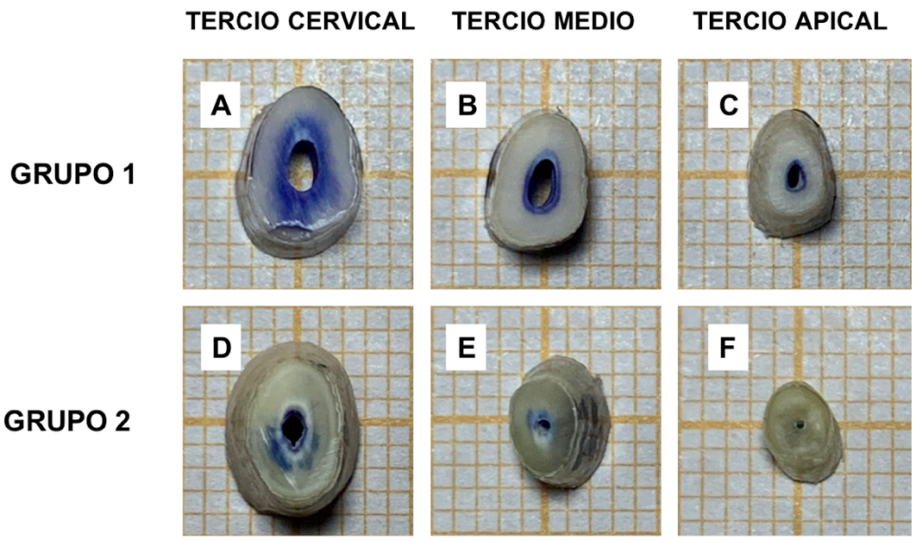


Figura 28. Grupo 1 y 2 medicados con $Ca(OH)_2$.

En la figura 28, la letra A, B, y C corresponden al tercio cervical, medio y apical del grupo 1 medicado con $Ca(OH)_2$ activado con ultrasónico. La letra D, E, y F corresponden al tercio cervical, medio y apical del grupo 2 medicado con $Ca(OH)_2$ activado con sónico.

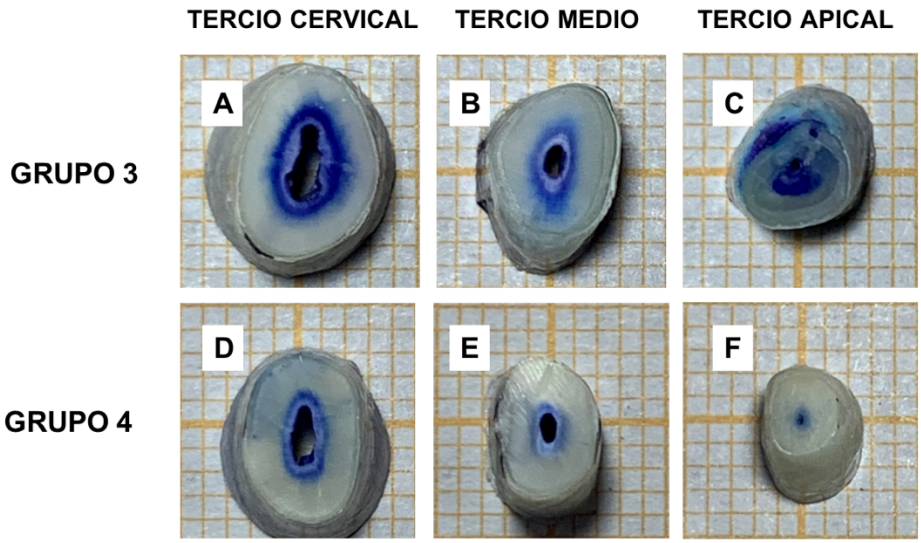
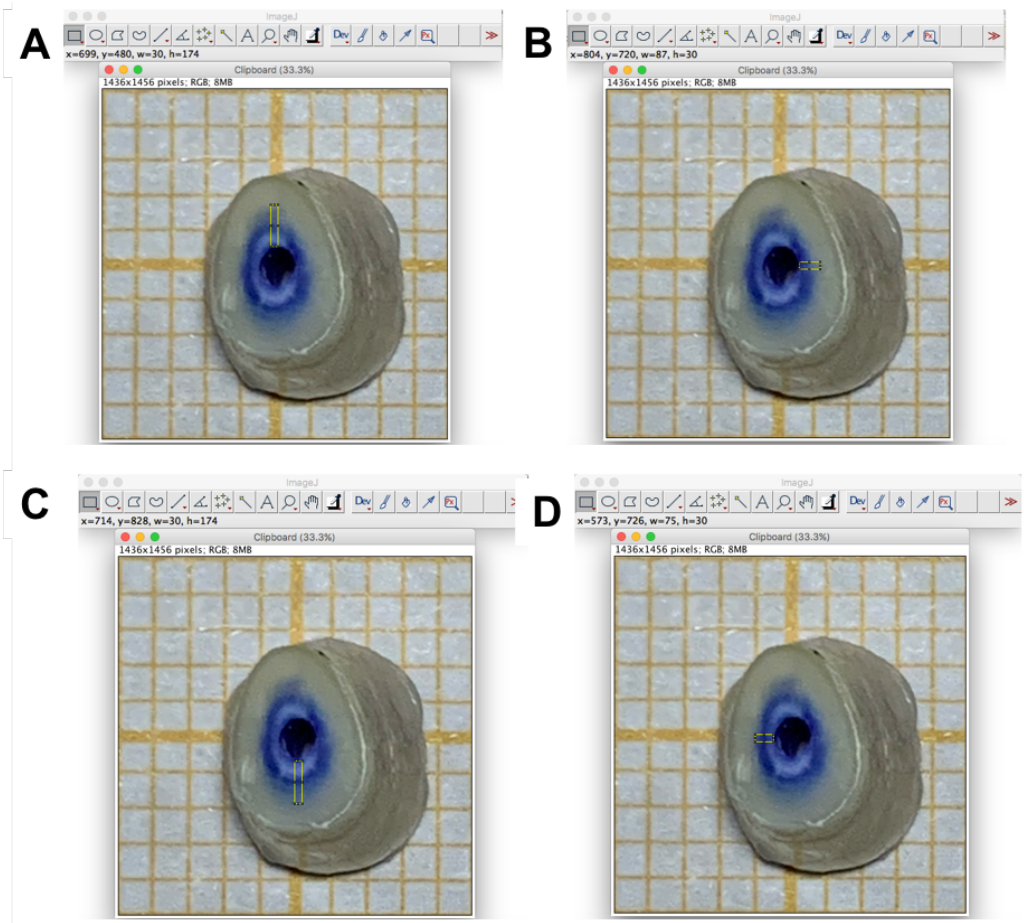


Figura 29. Grupo 3 y 4 medicados con nejayote.

En la figura 29, la letra A, B, y C corresponden al tercio cervical, medio y apical del grupo 3 medicado con nejayote activado con ultrasónico. La letra D, E, y F corresponden al tercio cervical, medio y apical del grupo 2 medicado con nejayote activado con sónico.



Area	Media	Min	Max	Perim.	BX	BY	Ancho	Altura	Mediana	Resultados
5220	98.229	58	133	408	693	468	30	174	98	174
2610	90.128	52	129	234	801	732	87	30	87	87
5220	93.568	51	135	408	702	816	30	174	93	174
2250	71.139	49	96	210	576	723	75	30	71	75

Figura 30. Procesamiento de imágenes con la utilización de Image J.

En la figura 30, se muestra el procesamiento de imagen tomando 4 puntos de referencia de la filtración de NaOCl representado con la extensión de tinción de azul de metileno hacia arriba, derecha, abajo e izquierda, iniciando en la luz del conducto con una anchura o altura de 30 pixeles hasta su extensión máxima. La letra A muestra la extensión máxima hacia arriba, la letra B muestra la extensión máxima hacia la derecha, la letra C muestra la extensión máxima hacia abajo, la letra D muestra la extensión máxima hacia la izquierda y la letra E muestra los resultados de la extensión señalado de color amarillo.

8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando pruebas no paramétricas: análisis de varianza de un factor (ANOVA) de dos vías, con pruebas de comparación de Tukey y Šídák para cada uno de los grupos, con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$). Los datos obtenidos se analizaron mediante el software GraphPad Prism 3.0 (San Diego, CA, EE. UU).

IX. RESULTADOS

9.1. EFECTO DE LA FILTRACIÓN DEL NaOCl ACTIVADO ULTRASÓNICAMENTE

Se logró valorar la eliminación de la medicación intraconducto mediante el efecto de la filtración del NaOCl al utilizar el sistema de activación ultrasónica NSK varios 370 objeto de estudio, a través de la filtración de tinción de azul de metileno lo que indica la permeabilidad de los tubulillos dentinarios en cada uno de los órganos dentarios, en sus respectivos tercios cervical, medio y apical.

9.1.1. Filtración del NaOCl en tercio cervical activado con ultrasónico

Utilizando la prueba de Tukey comparamos los grupos de activación ultrasónica en el tercio cervical, de acuerdo a los datos obtenidos no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo 1, y 3 respecto al control 1, tampoco se observó diferencia estadísticamente significativa entre el grupo 3 medicado con nejayote y el grupo 1 medicado con $Ca(OH)_2$ (Tabla 1).¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.***Tabla 1. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey utilizando ANOVA de 2 vías en la activación con ultrasónico en el tercio cervical.***
(TC): Tercio cervical; (HU): $Ca(OH)_2$ + activación ultrasónica; (U): Activación ultrasónica; (NU): Nejayote + activación ultrasónica.

9.1.2. Filtración del NaOCl en tercio medio activado con ultrasónico

Utilizando la prueba de Tukey comparamos los grupos de activación ultrasónica en el tercio medio, de acuerdo a los datos obtenidos no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo 1 respecto al control 1, tampoco se observó diferencia estadísticamente significativa entre el grupo 3 medicado con nejayote y el grupo 1 medicado con $Ca(OH)_2$, y sí se observó diferencia poco significativa entre el grupo 3 y el grupo control 1 (Tabla 2).

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey	Diferencia media	¿Hay diferencia significativa?	Resumen	Valor P ajustado
grupo 1 TC (HU) vs. control 1 TC (U)	35.00	No	ns	0.2835
grupo 3 TC (NU) vs. control 1 TC (U)	33.29	No	ns	0.3132
grupo 3 TC (NU) vs. grupo 1 TC (HU)	-1.708	No	ns	0.9963

Tabla 2. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey utilizando ANOVA de 2 vías en la activación con ultrasónico en el tercio medio.
(TM): Tercio medio; (HU): $Ca(OH)_2$ + activación ultrasónica; (U): Activación ultrasónica; (NU): Nejayote + activación ultrasónica.

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey	Diferencia media	¿Hay diferencia significativa?	Resumen	Valor P ajustado
grupo 1 TM (HU) vs. control 1 TM (U)	17.75	No	ns	0.3547
grupo 3 TM (NU) vs. control 1 TM (U)	45.88	Si	*	0.0191
grupo 3 TM (NU) vs. grupo 1 TM (HU)	28.13	No	ns	0.1190

9.1.3. Filtración del NaOCl en tercio apical activado con ultrasónico

Utilizando la prueba de Tukey comparamos los grupos de activación ultrasónica en el tercio apical, de acuerdo a los datos obtenidos no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo 1 respecto al control 1, se observó diferencia poco significativa entre el grupo 3 y grupo control 1, y diferencia estadísticamente significativa entre el grupo 3 y grupo 1 con un valor de P (0.0023) (Tabla 3).

Tabla 3. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey utilizando ANOVA de 2 vías en la activación con ultrasónico en el tercio apical.
(TA): Tercio apical; (HU): $Ca(OH)_2$ + activación ultrasónica; (U): Activación ultrasónica; (NU): Nejayote + activación ultrasónica.

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey	Diferencia media	¿Hay diferencia significativa?	Resumen	Valor P ajustado
grupo 1 TA (HU) vs. control 1 TA (U)	-13.38	No	ns	0.2430
grupo 3 TA (NU) vs. control 1 TA (U)	31.13	Si	*	0.0131
grupo 3 TA (NU) vs. grupo 1 TA (HU)	44.50	Si	**	0.0023

9.2. EFECTO DE LA FILTRACIÓN DEL NaOCl ACTIVADO SÓNICAMENTE

Se logró valorar la eliminación de la medicación intraconducto mediante el efecto de la filtración del NaOCl al utilizar el sistema de activación sónica EQ-S objeto de estudio, a través de la filtración de azul de metileno lo que indica la permeabilidad de los tubulillos dentinarios en cada uno de los órganos dentarios, en sus respectivos tercios cervical, medio y apical.

9.2.1. Filtración del NaOCl en tercio cervical activado con sónico

Utilizando la prueba de Tukey comparamos los grupos de activación sónica en el tercio cervical, de acuerdo a los datos obtenidos no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo 2 y 4 respecto al control 2, y tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo 4 medicado con nejayote y el grupo 2 medicado con $Ca(OH)_2$ (Tabla 4).

Tabla 4. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey utilizando ANOVA de 2 vías en la activación con sónico en el tercio cervical.
(TC): Tercio cervical; (HS): $Ca(OH)_2$ + activación sónica; (S): Activación sónica; (NS): Nejayote + activación sónica.

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey	Diferencia media	¿Hay diferencia significativa?	Resumen	Valor P ajustado
grupo 2 TC (HS) vs. control 2 TC (S)	-10.63	No	ns	0.7128
grupo 4 TC (NS) vs. control 2 TC (S)	5.250	No	ns	0.9173
grupo 4 TC (NS) vs. grupo 2 TC (HS)	15.88	No	ns	0.4925

9.2.2. Filtración del NaOCl en tercio medio activado con sónico

Utilizando la prueba de Tukey comparamos los grupos de activación sónica en el tercio medio, de acuerdo a los datos obtenidos no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo 2 y 4 respecto al control 2, y tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo 4 medicado con nejayote y el grupo 2 medicado con $Ca(OH)_2$ (Tabla 5).

Tabla 5. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey utilizando ANOVA de 2 vías en la activación con sónico en el tercio medio.
(TM): Tercio medio; (HS): $Ca(OH)_2$ + activación sónica; (S): Activación sónica; (NS): Nejayote + activación sónica.

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey	Diferencia media	¿Hay diferencia significativa?	Resumen	Valor P ajustado
grupo 2 TM (HS) vs. control 2 TM (S)	-22.75	No	ns	0.3030
grupo 4 TM (NS) vs. control 2 TM (S)	1.875	No	ns	0.9901
grupo 4 TM (NS) vs. grupo 2 TM (HS)	24.63	No	ns	0.2572

9.2.3. Filtración del NaOCl en tercio apical activado con sónico

Utilizando la prueba de Tukey comparamos los grupos de activación sónica en el tercio apical, de acuerdo a los datos obtenidos no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo 2 y 4 respecto al control 2, y si se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo 4 medicado con nejayote y el grupo 2 medicado con $Ca(OH)_2$ (Tabla 6).

Tabla 6. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey utilizando ANOVA de 2 vías en la activación con sónico en el tercio apical.
(TA): Tercio apical; (HS): $Ca(OH)_2$ + activación sónica; (S): Activación sónica; (NS): Nejayote + activación sónica.

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey	Diferencia media	¿Hay diferencia significativa?	Resumen	Valor P ajustado
grupo 2 TA (HS) vs. control 2 TA (S)	-18.63	No	ns	0.0663
grupo 4 TA (NS) vs. control 2 TA (S)	11.00	No	ns	0.2876
grupo 4 TA (NS) vs. grupo 2 TA (HS)	29.63	Si	**	0.0096

9.3. COMPARACIÓN DE LA FILTRACIÓN DEL NaOCl ENTRE GRUPOS DE ACTIVACIÓN (SÓNICO Y ULTRASÓNICO)

Se utilizó la prueba de Šídák para comparar la eficacia de la activación sónica y ultrasónica en la eliminación de la medicación de $Ca(OH)_2$, y nejayote así como la comparación con los grupos control.

9.3.1. Comparación de la filtración del NaOCl entre sistema sónico y ultrasónico en el tercio cervical.

Utilizando la prueba de Šídák comparamos la eficacia de la activación sónica y ultrasónica en el tercio cervical, de acuerdo a los resultados obtenidos, no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el grupo control (1 y 2), tampoco se encontró diferencia significativa en los grupos medicados con nejayote (grupo 3 y 4), por otro lado, se observó diferencia poco significativa en los grupos medicados con $Ca(OH)_2$ (grupo 1 y 2) con un valor de P (0.0134) (Tabla 7).

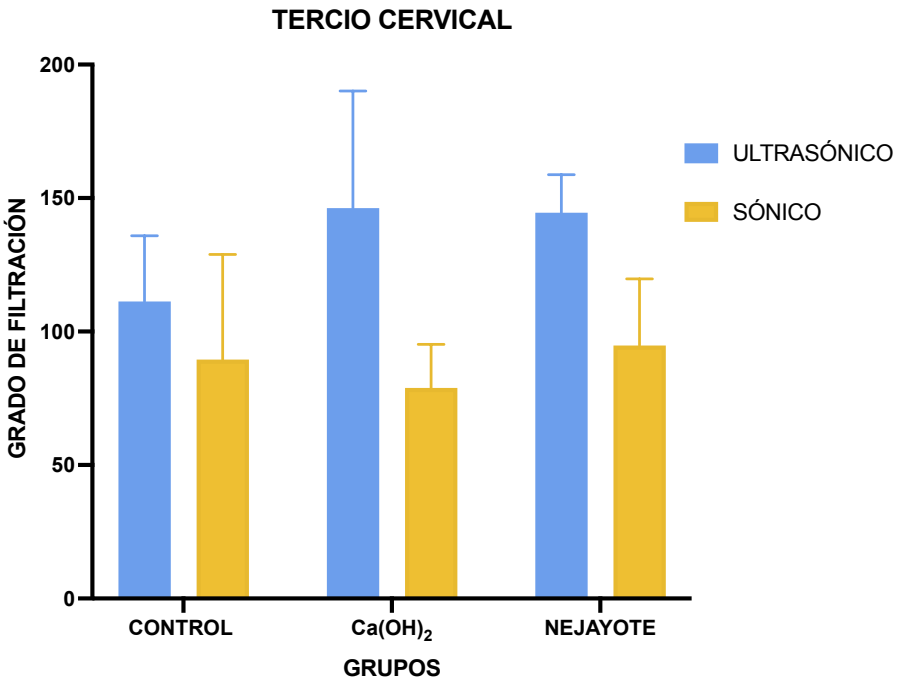
Tabla 7. Prueba de comparaciones múltiples de Šídák utilizando ANOVA de 2 vías entre la activación sónica y ultrasónica en tercio cervical.

Prueba de comparaciones múltiples de Šídák	Diferencia media	¿Hay diferencia significativa?	Resumen	Valor P ajustado
SÓNICO/ULTRASÓNICO (CERVICAL)				
CONTROL	-21.75	No	ns	0.6698
$Ca(OH)_2$	-67.38	Si	*	0.0134
NEJAYOTE	-49.79	No	ns	0.0804

En promedio la activación ultrasónica obtuvo mejores resultados en la filtración del NaOCl en los grupos control sin medicación con una diferencia mínima de 21.8 respecto al sónico, sin embargo se observaron cifras mayores en la filtración de NaOCl en los grupos medicados con $Ca(OH)_2$ con 146.3 a diferencia del sónico que obtuvo un grado de filtración de 78.88, teniendo una diferencia casi del 50%, al igual se observó mayor grado de filtración en los grupos medicados con nejayote con un valor de 144.5 para la activación ultrasónica y 94.75 para la activación sónica. El sistema ultrasónico eliminó casi la misma cantidad de $Ca(OH)_2$ que de nejayote con una diferencia de 1.8 siendo mayor la filtración de NaOCl en el grupo con $Ca(OH)_2$, por otro lado el sistema sónico removió mayor cantidad de nejayote con una diferencia de filtración de 15.87 respecto al grupo con $Ca(OH)_2$. En conclusión la activación ultrasónica removió mayor cantidad de medicación intraconducto tanto con nejayote como con $Ca(OH)_2$ en el tercio cervical con un promedio de 134 respecto a la activación sónica con 87.71, además ambos sónicos eliminaron cantidades similares de ambas medicaciones ya que no hubo diferencia significativa entre la eliminación de $Ca(OH)_2$ con un grado de filtración promedio de 112.6 y nejayote con 119.6 (Tabla 8 y Gráfica 1).

Tabla 8. Promedio del grado de filtración de NaOCl en la activación sónica y ultrasónica en el tercio cervical.

Promedio	ULTRASÓNICO	SÓNICO	Promedio por fila
CONTROL	111.3	89.50	100.4
$Ca(OH)_2$	146.3	78.88	112.6
NEJAYOTE	144.5	94.75	119.6
Promedio por columna	134.0	87.71	110.9



Gráfica 1. Promedio del grado de filtración de NaOCl en la activación sónica y ultrasónica en el tercio cervical.

La gráfica 1 muestra los resultados obtenidos en promedio del grado de filtración del tercio cervical, con color azul la activación ultrasónica con una media de 111.3 en el grupo control, 146.3 en $Ca(OH)_2$ y 144.5 en nejayote, así como con color amarillo la activación sónica, con una media de 89.50 en el grupo control, 78.88 en el grupo de $Ca(OH)_2$, y 94.75 en nejayote.

9.3.2. Comparación de la filtración del NaOCl entre sistema sónico y ultrasónico en el tercio medio

Utilizando la prueba de Šídák comparamos la eficacia de la activación sónica y ultrasónica en el tercio medio, de acuerdo a los resultados obtenidos, no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el grupo control (1 y 2), tampoco se encontró diferencia significativa en los grupos medicados con nejayote (grupo 3 y 4), y así mismo en los grupos medicados con $Ca(OH)_2$ (grupo 1 y 2) (Tabla 9).

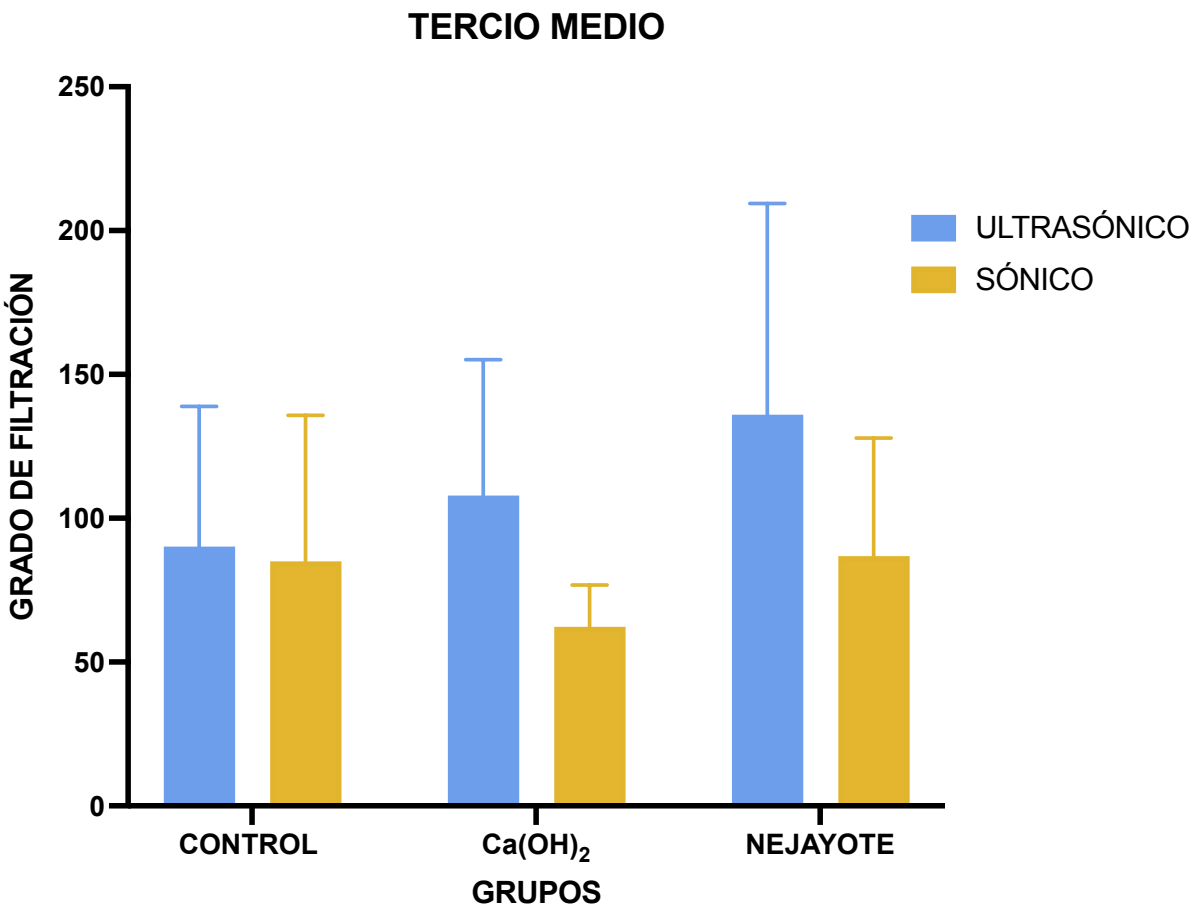
Tabla 9. Prueba de comparaciones múltiples de Šídák utilizando ANOVA de 2 vías entre la activación sónica y ultrasónica en tercio medio.

Prueba de comparaciones múltiples de Šídák	Diferencia media	¿Hay diferencia significativa?	Resumen	Valor P ajustado
SÓNICO/ULTRASÓNICO (MEDIO)				
CONTROL	-5.125	No	ns	0.9985
$Ca(OH)_2$	-45.63	No	ns	0.4984
NEJAYOTE	-49.13	No	ns	0.4370

En promedio la activación ultrasónica obtuvo mejores resultados en la filtración del NaOCl en todos los grupos con la cifra de 111.3, respecto a la activación sónica con 78.04, sin embargo, no hubo diferencia significativa entre la activación ultrasónica y la activación sónica en los grupos control sin medicación. Los valores de la activación ultrasónica fueron mas altos para la eliminación de $Ca(OH)_2$ con 107.9 y la activación sónica 62.25, para los grupos medicados con nejayote los valores de la activación ultrasónica arrojaron un grado de filtración mas elevado con 136 en comparación a la activación sónica con 86.88. El sistema ultrasónico removió mayor cantidad de medicación con nejayote que de $Ca(OH)_2$ con una diferencia de 28.1, de igual manera el sistema sónico removió mayor cantidad de nejayote que de $Ca(OH)_2$ con una diferencia de 24.63. En conclusión ambas activaciones lograron remover mayor cantidad de nejayote con un grado de filtración de 111.4 respecto al $Ca(OH)_2$ con 85.06, y la activación con ultrasónico removió mayor cantidad de medicación intraconducto en el tercio medio con una diferencia de 33.26 (Tabla 10 y Gráfica 2).

Tabla 10. Promedio del grado de filtración de NaOCl en la activación sónica y ultrasónica en el tercio medio.

Promedio	ULTRASÓNICO	SÓNICO	Promedio por fila
CONTROL	90.13	85.00	87.56
$Ca(OH)_2$	107.9	62.25	85.06
NEJAYOTE	136.0	86.88	111.4
Promedio por columna	111.3	78.04	94.69



Gráfica 2. Promedio del grado de filtración de NaOCl en la activación sónica y ultrasónica en el tercio medio.

La gráfica 2 muestra los resultados obtenidos en promedio del grado de filtración del tercio medio, con color azul la activación ultrasónica, con una media de 90.13 en el grupo control, 107.9 en $Ca(OH)_2$ y 136 en nejayote, así como con color amarillo la activación sónica, con una media de 85 en el grupo control, 62.25 en el grupo de $Ca(OH)_2$, y 86.88 en nejayote.

9.3.3. Comparación de la filtración del NaOCl entre sistema sónico y ultrasónico en el tercio apical

Utilizando la prueba de Šídák comparamos la eficacia de la activación sónica y ultrasónica en el tercio apical, de acuerdo a los resultados obtenidos, no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el grupo control (1 y 2), tampoco se

encontró diferencia significativa en los grupos medicados con $Ca(OH)_2$ (grupo 1 y 2), y por otro lado si se observó diferencia poco significativa en los grupos medicados con nejayote (grupo 3 y 4) (Tabla 11).

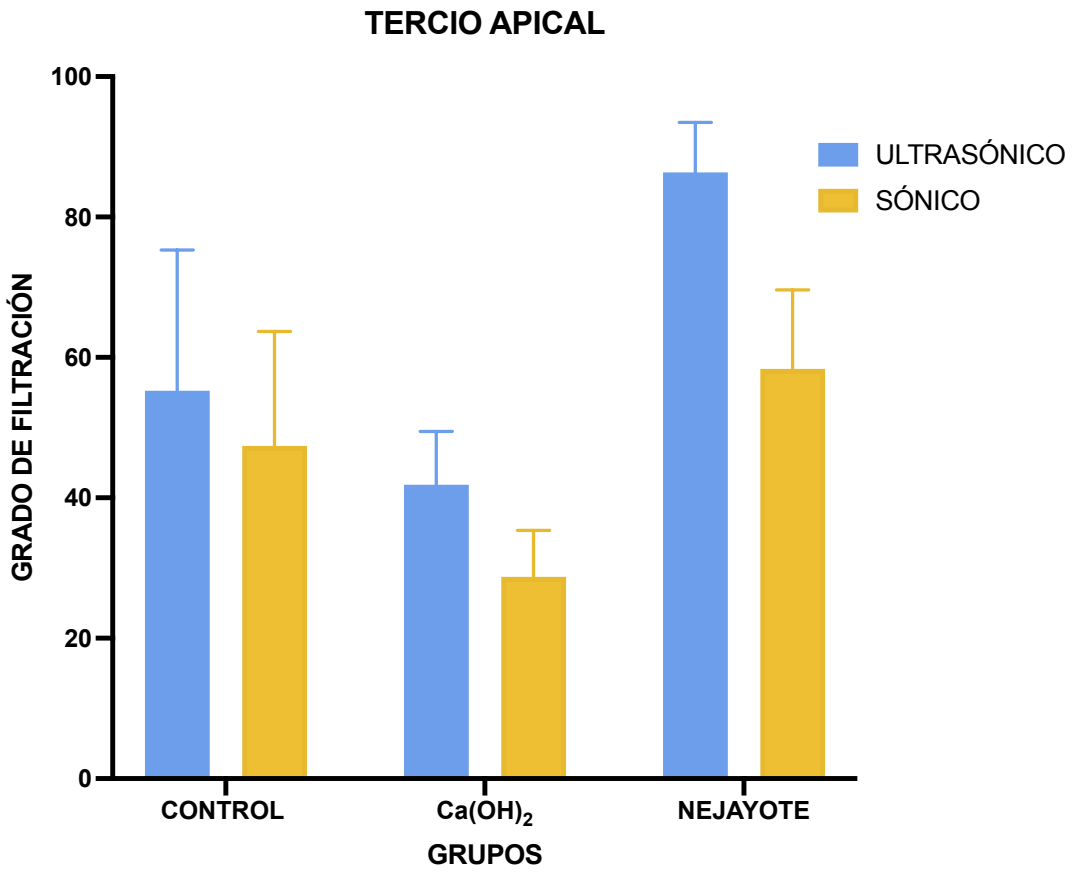
Tabla 11. Prueba de comparaciones múltiples de Šídák utilizando ANOVA de 2 vías entre la activación sónica y ultrasónica en tercio apical.

Prueba de comparaciones múltiples de Šídák	Diferencia media	¿Hay diferencia significativa?	Resumen	Valor P Ajustado
SÓNICO/ULTRASÓNICO (APICAL)				
CONTROL	-7.875	No	ns	0.7696
$Ca(OH)_2$	-13.13	No	ns	0.4005
NEJAYOTE	-28.00	Si	*	0.0164

En promedio la activación ultrasónica obtuvo resultados muy similares a la activación sónica en la eliminación de la medicación intraconducto, con un grado de filtración de NaOCl de 61.17 y 44.83 respectivamente con una diferencia mínima de 16.34. No hubo diferencia significativa en la activación de los grupos control sin medicación con un valor de 55.25 en la activación ultrasónica y 47.38 en la activación sónica. Para la eliminación de $Ca(OH)_2$ la filtración promedio de NaOCl fue 41.88 en la activación ultrasónica y 28.75 en la activación sónica, para la eliminación de nejayote el promedio de filtración resulto en 86.38 para la activación ultrasónica y 44.83 para la activación sónica. El sistema ultrasónico removió mayor cantidad de nejayote que de $Ca(OH)_2$ con una diferencia de 44.5 de filtración, de igual manera el sistema sónico removió mayor cantidad de nejayote que de $Ca(OH)_2$ con una diferencia de filtración de 29.63. En conclusión ambas activaciones eliminaron mayor cantidad de nejayote que de $Ca(OH)_2$ con una diferencia de filtración de NaOCl de 37.07 siendo el 50%. No hubo diferencia significativa entre ambas activaciones para la eliminación de la medicación intraconducto en el tercio apical (Tabla 12 y Gráfica 3).

Tabla 12. Promedio del grado de filtración de NaOCl en la activación sónica y ultrasónica en el tercio apical.

Promedio	ULTRASONICO	SONICO	Promedio por fila
CONTROL	55.25	47.38	51.31
$Ca(OH)_2$	41.88	28.75	35.31
NEJAYOTE	86.38	58.38	72.38
Promedio por columna	61.17	44.83	53.00



Gráfica 3. Promedio del grado de filtración de NaOCl en la activación sónica y ultrasónica en el tercio apical.

La gráfica 3 muestra los resultados obtenidos en promedio del grado de filtración del tercio apical, con color azul la activación ultrasónica, con una media de 55.25 en el grupo control, 41.88 en $Ca(OH)_2$ y 86.38 en nejayote, así como con color amarillo la activación sónica, con una media de 47.38 en el grupo control, 28.75 en el grupo de $Ca(OH)_2$, y 58.38 en nejayote.

X. DISCUSIÓN

El propósito del presente estudio *in vitro* fue comparar la eficacia entre sistemas de activación evaluando el ultrasónico NSK varios 370 y el sónico EQ-S sobre la eliminación de la medicación intraconducto con $Ca(OH)_2$ y nejayote en conductos rectos de premolares inferiores unirradiculares de reciente extracción, analizado mediante la técnica de filtración con tinción de azul de metileno dentro del conducto radicular y su correspondiente distribución al interior de los tubulillos dentinarios indicando la permeabilidad de los tubulillos o la obstrucción de los mismos con remanente de medicación intraconducto.

En este estudio se demuestra que mediante la utilización de los sistemas de activación sónica y ultrasónica se incrementa la capacidad de la eliminación de medicación intraconducto que posee el NaOCl al ser introducido al conducto con una jeringa, debido al agitamiento del mismo a través de las vibraciones producidas con ambos sistemas.

En base a los resultados obtenidos se demostró que no existe diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la eliminacción de $Ca(OH)_2$ y nejayote al utilizar el sistema sónico EQ-S en comparación con el sistema ultrasónico NSK varios 370 en los tercios radiculares medio y apical, y se encontró diferencia poco significativa en la eliminación de $Ca(OH)_2$ en el tercio cervical, debido a esto no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que ambos sistemas cumplen con capacidades similares para emplearse en los tratamientos endodónticos elevando el éxito del mismo, teniendo en cuenta que la activación sónica con EQ-S es una excelente alternativa del sistema mas comunmente utilizado que es la activación ultrasónica, evitando accidentes en la separación de instrumentos metálicos ya que el sónico EQ-S utiliza puntas plásticas las cuales proveen mayor confianza para el operador, disminuyendo riesgos como el ya mencionado, y en la eliminación no controlada de dentina.

En este estudio se utilizó la comparación de Tukey entre cada uno de los grupos y de acuerdo a los datos obtenidos no se encontró diferencia significativa en la activación

ultrasónica en el tercio medio y cervical en los grupos medicados con nejayote, $Ca(OH)_2$ y el grupo control sin medicación, pero si hubo diferencia significativa en el tercio apical entre la eliminación de nejayote y $Ca(OH)_2$, de igual manera la activación sónica demostró que no se encontraron diferencias estadisticamente significativas en el tercio medio y cervical en todos los grupos evaluados, pero si hubo diferencia significativa entre la medicación de nejayote y $Ca(OH)_2$ siendo mayor la eliminación de los grupos medicados con nejayote en ambos sistemas.

De acuerdo a la prueba de comparación de Šídák mediante la cual se evaluó la eficacia de cada sistema de activación, en promedio en el tercio cervical la activación ultrasónica eliminó mayor cantidad de medicación intraconducto (tanto con nejayote como con $Ca(OH)_2$) con un promedio de 134 pixeles de filtración respecto a la activación sónica con 87.71 teniendo una diferencia de 46.29 pixeles, además ambos sónicos en conjunto eliminaron cantidades similares de las dos medicaciones ya que no hubo diferencia significativa entre la eliminación de $Ca(OH)_2$ con un grado de filtración promedio de 112.6 y nejayote con 119.6. El sistema sónico eliminó mas nejayote con un promedio de filtración de 144.5 que de $Ca(OH)_2$ con un promedio de 94.75 y de la misma forma el sistema ultrasónico removió mas nejayote con un promedio de 146.3 que $Ca(OH)_2$ con 78.88.

En el tercio medio el sistema ultrasónico eliminó mas medicación intraconducto con un promedio de filtración de 111.3 pixeles que el sistema sónico con 78.04 teniendo una diferencia de 33.26 pixeles. Ambas activaciones lograron remover mayor cantidad de nejayote con un grado de filtración de 111.4 respecto al $Ca(OH)_2$ con 85.06. El sistema sónico eliminó mas nejayote con un promedio de filtración de 86.88 que $Ca(OH)_2$ con un promedio de 62.25, así mismo la activación ultrasónica eliminó mas nejayote con un grado de filtración promedio de 136 que $Ca(OH)_2$ con un promedio de 107.9 pixeles.

En el tercio apical no hubo diferencia significativa entre ambas activaciones para la eliminación de la medicación intraconducto dando como resultado un grado de filtración en el sistema ultrasónico de 61.17 y el sistema sónico de 44.83 con una diferencia minima de 16.34 pixeles. Ambas activaciones eliminaron mayor cantidad de nejayote con un grado de filtración de 72.38 respecto al $Ca(OH)_2$ con un promedio de

35.31 pixeles con una diferencia de 37.07 correspondiente al 50%. El sistema sónico eliminó mas nejayote con un grado de filtración de 58.38 pixeles que $Ca(OH)_2$ con un promedio de 28.75, así mismo el sistema ultrasónico eliminó mas nejayote obteniendo un grado de filtración de 86.38 respecto al $Ca(OH)_2$ con un grado de filtración de 41.88 pixeles.

Se han evaluado distintas técnicas en la eliminación de la medicación intraconducto principalmente con $Ca(OH)_2$, Donermeyer y cols. (19) compararon la activación sónica mediante el sistema EDDY (VDW, Munich, Alemania), la irrigación ultrasónica pasiva y la activación mecánica mediante el XPendo Finisher (FKG Den- taire, La Chaux-des-Fonds, Suiza) con la irrigación manual con una jeringa para la eliminación de $Ca(OH)_2$ de surcos creados de manera artificial en incisivos superiores de conductos rectos, los resultados que obtuvieron en el tercio apical son comparables con los obtenidos en este estudio ya que no hubo diferencia significativa entre la activación ultrasónica pasiva y la activación sónica con EDDY en la eliminación de $Ca(OH)_2$ ambos con una mediana = 1, similar a nuestros resultados ya que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre ambos sistemas, la activación ultrasónica obtuvo un grado de filtración de 41.88 y la activación sónica 28.75 en la medicación con $Ca(OH)_2$ con una diferencia mínima no significativa de 13.13 pixeles. En el tercio coronal no se encontraron diferencias significativas entre la activación ultrasónica y la activación sónica con EDDY, a diferencia de nuestros resultados donde se obtuvieron diferencias significativas entre la activación ultrasónica y sónica con un grado de filtración de 146.3 y 78.88 respectivamente, con una diferencia en el grado de filtración de 67.42 pixeles, la diferencia entre los resultados de Donermeyer y cols. y el presente estudio puede deberse a la técnica utilizada por dichos autores al realizar surcos artificiales donde la medicación penetra en mayor cantidad sobre la cavidad creada y no es sencilla su eliminación, la falta de irregularidades en los conductos de nuestra muestra probablemente facilitaron la disolución y eliminación del $Ca(OH)_2$.

Marques Da Silva y cols. (20) compararon la activación ultrasónica, sónica con EndoActivator, sónica con EDDY, XP-endo Finisher y XP-endo Shaper para la eliminación de $Ca(OH)_2$ en cavidades simuladas de reabsorción radicular interna en

incisivos centrales superiores, evaluado mediante microscopio operatorio dental e imágenes analizadas en microscopio electrónico de barrido ya que permite un análisis más detallado de la presencia de $Ca(OH)_2$. Ninguno de los instrumentos probados fue capaz de eliminar completamente el $Ca(OH)_2$ de las cavidades simuladas sin embargo, el sistema sónico EDDY y XP-endo finisher se asociaron con menos $Ca(OH)_2$ que el sistema ultrasónico, y el sistema EDDY fue superior al sistema EndoActivator, lo que difiere con nuestros resultados ya que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre el sistema sónico EQ-S y el sistema ultrasónico, sin embargo este último obtuvo mejores resultados en la eliminación de la medicación con $Ca(OH)_2$ y nejayote. Posiblemente el sistema ultrasónico utilizado por Marques Da Silva y cols. no obtuvo resultados tan positivos ya que utilizaron un inserto de tamaño 30.02 causando dificultad para vibrar libremente dentro del conducto radicular a diferencia del utilizado en este estudio de un tamaño 15.02. Los resultados superiores del grupo sónico EDDY en comparación con el grupo EndoActivator pueden deberse a que el sistema EDDY presenta mayor efecto de cavitación, lo que nos podría llevar a realizar un estudio de comparación de sistemas sónicos añadiendo el sistema sónico EQ-S objeto de comparación en este proyecto de investigación.

Sami Alturaiki y cols. (21) compararon el sistema EndoVac, sónico EndoActivator y ultrasónico ProUltra en órganos dentales de conductos únicos, evaluado mediante microscopio electrónico de barrido, los resultados obtenidos fueron que el sistema EndoActivator mostró mejores resultados en la eliminación del $Ca(OH)_2$ en las partes coronal, media y apical de los conductos radiculares que las demás técnicas. Sin embargo tomando cada tercio por separado no se encontraron diferencias significativas en la eliminación del $Ca(OH)_2$ entre EndoActivator y la irrigación ultrasónica ProUltra PiezoFlow en el tercio medio y coronal, por otro lado en el tercio apical EndoActivator fue mejor que el sistema ultrasónico, la activación manual y EndoVac. Dichos resultados difieren a los obtenidos en nuestro estudio en cuanto al tercio cervical ya que se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la eliminación de $Ca(OH)_2$ con un grado de filtración de 146.3 pixeles en el sistema ultrasónico y 78.88 en el sistema sónico con una diferencia de 67.42, no se encontraron

diferencias estadísticamente significativas en el tercio medio y apical sin embargo para el sistema ultrasónico se obtuvieron valores mas altos que el sistema sónico.

La eficacia en la eliminación del $Ca(OH)_2$ de los conductos radiculares por parte del EndoActivator en combinación con la irrigación en la investigación de Marques Da Silva y cols. puede deberse a que se ha informado que EndoActivator produce una vigorosa agitación del líquido intraconducto a través de corrientes acústicas y cavitaciones, además de la utilización de 3ml de EDTA durante 1 minuto, por lo que dicho agente quelante probablemente habría contribuido a mejorar la eliminación del $Ca(OH)_2$ de las paredes del conducto radicular, el cual no fue utilizado en el presente estudio para no alterar la eficacia del sistema como tal.

Se obtuvieron resultados positivos en la eliminación de nejayote siendo superior el grado de filtración en todos los tercios (cervical, medio y apical) comparado con el del $Ca(OH)_2$ en la utilización de ambos sistemas. Se cree que se debe a la composición del nejayote ya que en su tratamiento se obtienen tres fracciones: una fracción rica en carbohidratos, una fracción rica en calcio y una fracción enriquecida con compuestos fenólicos los cuales no trascienden a una consistencia endurecida con el paso de los días como sucede con el $Ca(OH)_2$ lo que facilita su eliminación (23).

Se considera que el sistema ultrasónico obtuvo valores más altos en la eliminación de la medicación debido al aumento de temperatura que se produce por el uso de potencia ultrasónica durante la irrigación del conducto con vibraciones mayores a 20000 Hz lo que mejora el efecto antibacteriano por calentamiento de la solución irrigante así como permitir la limpieza de áreas de difícil acceso como lo son los tubulillos dentinarios, conductos laterales, istmos, o anatomía compleja como conductos en forma de C, esto debido a la corriente acústica que emite. Sin embargo, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas respecto al EQ-S debido que, aunque presente una vibración de 6000 Hz realiza movimientos en sentido rotacional y vertical, y las puntas plásticas contienen ranuras en su longitud, que combinada con el movimiento aseguran el flujo en 3 dimensiones mejorando la limpieza en conductos pequeños.

En este estudio se propone la utilización de una alternativa de medicación intraconducto el cual es el nejayote, debido a su composición natural y su pH alcalino es eficaz para la eliminación de bacterias y microorganismos, su presentación en consistencia liquida permite su eliminación de manera mas sencilla a diferencia del $Ca(OH)_2$ el cual es una pasta que se mineraliza y se adhiere a la pared del conducto radicular y penetra el interior de los tubulillos dentinarios.

Debido a que es una nueva propuesta el uso de nejayote como medicación intraconducto se considera de suma importancia la evaluación de sistemas de activación que nos den la pauta para su eliminación en totalidad si es posible para evitar o determinar si este obstruye los tubulillos dentinarios lo que reduciría la capacidad del cemento sellador de penetrar los mismos y crear un sellado hermético en la obturación del conducto radicular. Además en la literatura no se ha encontrado información sobre técnicas aplicadas con el sistema sónico EQ-S para la eliminación de la medicación intraconducto o barrillo dentinario por lo tanto de acuerdo a los resultados obtenidos dicho sistema se considera eficaz y una gran alternativa a la utilización del sistema ultrasónico.

XI. CONCLUSIONES

En el ámbito clínico es importante tanto la propuesta de nuevas medicaciones intraconducto como evaluar los sistemas de activación existentes en el mercado, aunque el proveedor nos de un panorama de su funcionamiento, es importante evaluarlo de manera práctica para que el clínico tome decisiones durante la consulta de situaciones mas precisas, y así tener un acercamiento real sobre las bondades que nos menciona el fabricante.

Podemos concluir que el sistema sónico EQ-S de Metabiomed recientemente introducido, es una excelente alternativa en la activación del NaOCl para potencializar la eficacia del mismo en la eliminación del remanente de medicación intraconducto, ya que no presenta diferencia estadísticamente significativa en ninguno de los tercios radiculares para la eliminación de $Ca(OH)_2$, ni en el tercio medio y apical en la eliminación de nejayote con respecto a la activación con el sistema ultrasónico NSK varios 370 comúnmente utilizado, disminuyendo la posibilidad de la separación de instrumentos que ocurre con este último.

Por otro lado se considera que la medicación con nejayote en consistencia líquida como se maneja en este estudio, es una gran alternativa de medicación intraconducto ya que en base a los resultados obtenidos este no obstruye los tubulillos dentinarios de manera considerable lo que permite su eliminación mediante la activación sónica y ultrasónica en un porcentaje alto, incluso mayor a la eliminación del $Ca(OH)_2$, dando lugar a la permeabilidad de los tubulillos dentinarios obteniendo propiedades óptimas en la dentina que nos permitirá el paso del cemento radicular en la obturación endodóntica.

XII. RECOMENDACIONES

Se recomienda la realización del estudio con una mayor cantidad de muestras, así como evaluar un grupo distinto de órganos dentarios, o raíces con mayor complejidad anatómica como lo son raíces con curvaturas abruptas.

Se podría analizar las muestras con cortes longitudinales para obtener mediciones a lo largo del conducto radicular.

Se sugiere realizar la evaluación del remanente de medicación intraconducto con otro método como la microscopía electrónica de barrido.

Se recomienda realizar la comparación del sistema EQ-S con otros sistemas sónicos.

Para complementar el estudio realizado, podrían realizarse pruebas del grado de desmineralización de la dentina con la medicación de nejayote, así como utilizarlo con una consistencia mas pastosa.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. AAE special committee of full-time educators. Glossary of Endodontic Terms 2016. Gloss Endod Terms. 2015;9:43.

2. Canalda SC, Brau Aguadé E. Endodoncia Técnicas clínicas y bases científicas. 4a ed. Elsevier, editor. España; 2019.

3. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: Systematic review of the literature - Part 2. Influence of clinical factors. Int Endod J. 2008;41(1):6–31.

4. Agrafioti A, Tzimpoulas NE, Kontakiotis EG. Influence of dentin from the root canal walls and the pulp chamber floor on the pH of intracanal medicaments. J Endod [Internet]. 2013;39(5):701–3. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2012.12.039

5. Goldberg F; Soares I; Endodoncia ténicas y fundamentos. 1a edición. Panamericana, editor. Buenos Aires; 2003. 330 p.

6. Hargreaves KM, Berman LH, Cohen S, Rostein I. Cohen's Pathway of The Pulp. 12th ed. Elsevier, editor. España; 2021.

7. Uslu O, Dikmen G, Orhan EO. Intrinsic physicochemical interactions of calcium hydroxide-based medications. Microsc Res Tech. 2020;1920(August):1–9.

8. Cooper-Bribiesca B, Navarro-Ocaña A, Díaz-Ruiz G, Aguilar-Osorio G, Rodríguez-Sanoja R, Wacher C. Lactic Acid Fermentation of Arabinoxylan From Nejayote by Streptococcus infantarius ssp. infantarius 25124 Isolated From Pozol. Front Microbiol. 2018;9(December):1–10.

9. Rojas-García C, García-Lara S, Serna-Saldivar SO, Gutiérrez-Uribe JA. Chemopreventive Effects of Free and Bound Phenolics Associated to Steep Waters (Nejayote) Obtained After Nixtamalization of Different Maize Types. Plant

Foods Hum Nutr. 2012;67(1):94–9.

10. Baqueiro-Peña I, Contreras-Jácquez V, Kirchmayr MR, Mateos-Díaz JC, Valenzuela-Soto EM, Asaff-Torres A. Isolation and Characterization of a New Ferulic-Acid-Biotransforming Bacillus megaterium from Maize Alkaline Wastewater (Nejayote). Curr Microbiol [Internet]. 2019;76(10):1215–24. Available from: https://doi.org/10.1007/s00284-019-01726-4

11. Neuhaus KW, Liebi M, Stauffacher S, Eick S, Lussi A. Antibacterial Efficacy of a New Sonic Irrigation Device for Root Canal Disinfection. J Endod [Internet]. 2016;42(12):1799–803. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.08.024

12. Whitbeck ER, Swenson K, Tordik PA, Kondor SA, Webb TD, Sun J. Effect of EDTA Preparations on Rotary Root Canal Instrumentation. J Endod [Internet]. 2015;41(1):92–6. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.07.023

13. Erdemir A, Eldeniz AU, Belli S, Pashley DH. Effect of solvents on bonding to root canal dentin. J Endod. 2004;30(8):589–92.

14. Mohammadi Z, Dummer PMH. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. Int Endod J. 2011;44(8):697–730.

15. Dias-Junior LC de L, Castro RF, Fernandes AD, Guerreiro MYR, Silva EJNL, Brandão JM da S. Final Endodontic Irrigation with 70% Ethanol Enhanced Calcium Hydroxide Removal from the Apical Third. J Endod [Internet]. 2021;47(1):105–11. Available from: https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.09.017

16. Park E. Ultrasonics in endodontics. Endod Top. 2013;29(1):125–59.

17. Taşdemir T, Çelik D, Er K, Yildirim T, Ceyhanli KT, Yeşilyurt C. Efficacy of several techniques for the removal of calcium hydroxide medicament from root canals. Int Endod J. 2011;44(6):505–9.

18. Wigler R, Dvir R, Weisman A, Matalon S, Kfir A. Efficacy of XP-endo finisher files

in the removal of calcium hydroxide paste from artificial standardized grooves in the apical third of oval root canals. Int Endod J. 2017;50(7):700–5.

19. Donnermeyer D, Wyrsch H, Bürklein S, Schäfer E. Removal of Calcium Hydroxide from Artificial Grooves in Straight Root Canals: Sonic Activation Using EDDY Versus Passive Ultrasonic Irrigation and XPendo Finisher. J Endod. 2019;45(3):322–6.

20. Marques-da-Silva B, Alberton CS, Tomazinho FSF, Gabardo MCL, Duarte MAH, Vivan RR, et al. Effectiveness of five instruments when removing calcium hydroxide paste from simulated internal root resorption cavities in extracted maxillary central incisors. Int Endod J. 2020;53(3):366–75.

21. Alturaiki S, Lamphon H, Edrees H, Ahlquist M. Efficacy of 3 different irrigation systems on removal of calcium hydroxide from the root canal: A scanning electron microscopic study. J Endod [Internet]. 2015;41(1):97–101. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.07.033

22. Dealer TD. EQ-S [Internet]. EQ-S Metabiomed. 2018. Available from: https://www.thedentaldealer.com/metabiomedeqs

23. Argun MS, Argun ME. Treatment and alternative usage possibilities of a special wastewater: Nejayote. J Food Process Eng. 2018;41(1):1–7.