

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA



**EFFECTO DE PENETRACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO BAJO
SISTEMA DE ACTIVACIÓN ULTRASÓNICO NSK VARIOS 370 Y SÓNICO
EQ-S, EN PREMOLARES UNIRRADICULARES**

**TRABAJO TERMINAL QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

PRESENTA

C.D. MANUEL ALFREDO URREA CAMPOY

PRESIDENTE

DR. JULIO CÉSAR GARCÍA BRIONES

SINODAL

**DRA. DRA. MARÍA ELENA DE LOS
ÁNGELES HOFMANN SALCEDO**

SINODAL

**M.C.S. LUIS HERNÁN CARILLO
VÁRGUEZ**

SINODAL

DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ

**EFFECTO DE PENETRACIÓN DEL HIPOCLORITO
DE SODIO BAJO SISTEMA DE ACTIVACIÓN
ULTRASÓNICO NSK VARIOS 370Y SÓNICO EQ-S,
EN PREMOLARES UNIRRADICULARES**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, BC a; 16 de junio de 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EFFECTO DE PENETRACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO BAJO ACTIVACIÓN ULTRASÓNICO NSK VARIOS 370 Y SÓNICO EQ-S, EN PREMOLARES UNIRRADICULARES.**

Propuesto por el **CD MANUEL ALFREDO URREA CAMPOY**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE



Dr. Julio César García Briones
PRESIDENTE

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, BC a; 16 de junio de 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EFFECTO DE PENETRACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO BAJO ACTIVACIÓN ULTRASÓNICO NSK VARIOS 370 Y SÓNICO EQ-S, EN PREMOLARES UNIRRADICULARES.**

Propuesto por el **CD MANUEL ALFREDO URREA CAMPOY**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE



Dra. María Elena de los Ángeles Hofmann Salcedo
SINODAL

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, BC a; 16 de junio de 2021


AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EFFECTO DE PENETRACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO BAJO ACTIVACIÓN ULTRASÓNICO NSK VARIOS 370 Y SÓNICO EQ-S, EN PREMOLARES UNIRRADICULARES.**

Propuesto por el **CD MANUEL ALFREDO URREA CAMPOY**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

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

ATENTAMENTE



M.C.S. Luis Hernán Carrillo Vázquez
SINODAL

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, BC a; 16 de junio de 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EFFECTO DE PENETRACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO BAJO ACTIVACIÓN ULTRASÓNICO NSK VARIOS 370 Y SÓNICO EQ-S, EN PREMOLARES UNIRRADICULARES.**

Propuesto por el **CD MANUEL ALFREDO URREA CAMPOY**, 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 Vázquez
SINODAL

Ccp.- Archivo.

**EFFECTO DE PENETRACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO BAJO
SISTEMA DE ACTIVACIÓN ULTRASÓNICO NSK VARIOS 370 Y
SÓNICO EQ-S, EN PREMOLARES UNIRRADICULARES**

PRESENTA



C.D. MANUEL ALFREDO URREA CAMPOY

PRESIDENTE



Dr. Julio César García Briones
PRESIDENTE

SINODALES



Dra. María Elena de los Ángeles Hofmann Salcedo
SINODAL



M.C.S. Luis Hernán Carrillo Vázquez
SINODAL



Dra. Ana Gabriela Carrillo Vázquez
SINODAL

Tijuana, Baja California, 16 de junio de 2021

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, quiero agradecer a mis padres que siempre creyeron en mí y me apoyaron, a ellos les dedico cada uno de mis logros ya que son mi ejemplo de esfuerzo y perseverancia. A mis hermanas por apoyarme incondicionalmente en cada una de mis decisiones. A mi mejor amiga, roomie y novia por estar ahí en este especial proceso de formación, por apoyarme siempre.

Agradezco a mi director de tesis, doctor Julio César García Briones por apoyarme en cada parte del desarrollo de nuestro proyecto de tesis.

Un especial agradecimiento a la doctora Ana Gabriela Carillo Vázquez por permitirme la oportunidad de continuar con mi formación humana y profesional, por su completa dedicación y entrega hacia nuestro posgrado.

También es muy importante agradecer de manera muy sincera al doctor Hernán Carillo y a la doctora María Hoffman que siempre tuvieron la mejor actitud y disposición de ayudarme durante todo el desarrollo de la experimentación.

Por último, pero no menos importante a la doctora Eustolia Rodríguez, por apoyarme especialmente en el desarrollo de la tesis. Al doctor Javier Domínguez por siempre estar dispuesto a apoyarme en el ámbito escolar y fotográfico, siempre con la disposición de contestar alguna interrogante y compartiendo su conocimiento. Al doctor Enrique Aguilar ya que además de siempre estar ahí como maestro del posgrado, sabia resolver con sus consejos cada una de mis dudas.

Agradecimientos institucionales

Un especial agradecimiento a CONACYT por la beca otorgada con el número (CVU): **1000360**.

A la Universidad Autónoma de Baja California por abrirme las puertas y ser parte de mi formación como especialista.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS..... i

ÍNDICE DE FIGURAS vi

LISTA DE ABREVIATURAS vii

I. RESUMEN 1

II. INTRODUCCIÓN 2

2.1. Endodoncia..... 2

2.2. Microorganismos presentes 3

2.3. Sustancias Irrigantes 5

 2.3.1. Hipoclorito de Sodio 6

 2.3.2. Ácido etilendiaminotetraacético..... 9

 2.3.3. Clorhexidina 10

 2.3.4. Solución Salina 11

2.4. Metodos de Activación..... 12

 2.4.1. Técnica de activación manual 13

 2.4.2. Activación Ultrasónica 14

 2.4.3. Activación Sónica 15

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 19

IV. JUSTIFICACIÓN 20

V. HIPÓTESIS 21

5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO 21

5.2. HIPÓTESIS NÚLA 21

5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA..... 21

VI. OBJETIVOS	22
6.1 .OBJETIVO GENERAL.....	22
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
VII. VARIABLES	23
7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	23
7.2. VARIABLE DEPENDIENTE	23
7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES.....	23
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS	24
8.1.TIPO DE ESTUDIO	24
8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO	24
8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL	24
8.4. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	26
Selección de la muestra:	26
Preparación de espécimen:	26
Protocolo irrigación final:.....	28
Grupos control y prueba:	29
Protocolos de activación:.....	30
Disección de muestras:	30
Evaluar la penetración:	31
8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	32
IX. RESULTADOS	33
9.1. Medidas de Penetración del hipoclorito de sodio	33
X. DISCUSIÓN	50

TABLA DE CONTENIDO

XI. CONCLUSIONES..... 57

XII. RECOMENDACIONES..... 58

XIII. BIBLIOGRAFÍA..... 59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Penetración de las bacterias dentro de túbulos dentinarios. 4

Figura 2. Presentación de marca comercial de hipoclorito de sodio al 5.25%. 9

Figura 3. Presentación de EDTA utilizado en endodoncia. 10

Figura 4. Clorhexidina al 2% utilizada en endodoncia..... 11

Figura 5. Solución salina utilizada en endodoncia..... 12

Figura 6. Irrigación con jeringa y aguja calibre 30G con salida lateral..... 13

Figura 7. NSK Varios 370, sistema de activación ultrasónico. 15

Figura 8. Endoactivator, activación sónica..... 17

Figura 9. EQ-S Metabiomed, activación sónica. 18

Figura 10. Utilización de motor X SMART PLUS y sistema Protaper Gold..... 25

Figura 11. Toma radiográfica de los 36 órganos dentales..... 26

Figura 12. Acceso coronal de los premolares unirradiculares. 26

Figura 13. Localización de conductos radiculares..... 27

Figura 14. Instrumentación e irrigación entre instrumentos SX-F3..... 27

Figura 15. Productos necesarios para colocar barrera apical. 28

Figura 16. Colocación de resina fluida y barniz para sellar externamente la raíz. 28

Figura 17. Soluciones irrigantes utilizadas en el protocolo final. 29

Figura 18. Diferentes Grupos..... 30

Figura 19. Toma de fotografía de los diferentes tercios radiculares. 31

Figura 20. Grupos y sus tercios. 32

LISTA DE ABREVIATURAS

C: control.

cpm: ciclos por minuto.

EDTA: Ácido-etilendiamino-tetraacético.

G: Gauge.

kHz: Kilohercio.

LT: longitud de trabajo.

MEP: matriz extra polimérica.

min: minuto.

ml: mililitros

mm: milímetros.

n: número

NaOCl: hipoclorito de sodio

PCA: Paracloroanilina.

Ph: potencial de hidrogeno.

PUI: activación ultrasónica NSK VARIOS.

s: segundos.

SH: sulfhidrilo.

SIM: Activación sónica EQ-S.

µm: micrómetros.

%: porciento.

I. RESUMEN

Objetivo: Comparar el efecto de la penetración del hipoclorito de sodio al 5.25%, bajo el sistema de activación ultrasónico NSK Varios 370 y sónico EQ-S en los conductos de premolares unirradiculares.

Metodología: Un total de 36 premolares unirradiculares extraídos recientemente, instrumentados con lima F3 de Protaper Gold (30 / 0.09). Luego se realizó un estricto protocolo de irrigación a cada muestra. Se dividieron 3 grupos de 12 órganos dentarios cada uno, después del protocolo de irrigación final fue activado el azul de metileno de la siguiente manera: grupo NSK Varios 370 (PUI), Metabiomed EQ-S (SIM) y control (C, sin activar) por 30 segundo cada grupo. Los dientes se seccionaron a cada tercio para obtener 3 segmentos de cada órgano dentario. Se realizaron 12 medidas en micras en cada segmento, para ser observadas en ImageJ. Los datos fueron analizados por pruebas no paramétricas U Mann-Whitney donde valor de $p > 0.05$.

Resultados: En general la penetración del hipoclorito de sodio fue mejor en el tercio coronal, seguido del medio y al final el apical en todos los grupos. Pero el grupo control siempre es inferior en cada tercio, con diferencia estadísticamente significativa con respecto al grupo PUI y SIM.

Conclusiones: Activar los irrigantes mejoran la penetración en cada uno de los tercios radiculares, según el presente estudio el nuevo sistema de activación sónico EQ-S tiene la misma capacidad de penetración que el ultrasónico, por lo que se acepta la hipótesis nula.

II. INTRODUCCIÓN

2.1. ENDODONCIA

La endodoncia es la rama de la odontología encargada de estudiar la morfología de la cavidad pulpar, la fisiología y la patología de la pulpa dental, así como de sus tejidos perirradiculares (1), es de suma importancia conocer la etiopatogenia, el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de dichas patologías, para ello es indispensable entender el comportamiento de la biología pulpar (1–3). Dentro de las terapias marcadas en esta ciencia podemos englobar tratamientos conservadores y otros un tanto más radicales, que nos permitirán mantener la pulpa dental vital en el caso de los tratamientos mínimo invasivos (conservadores). Por otra parte, el tratamiento radical consiste en el retiro de la pulpa dental, que nos permitirá mejores condiciones para preservar la pieza dental (1,3). Para poder decidir que tratamiento será realizado en cada caso, según su diagnóstico, la Asociación Americana de Endodoncia publicó en el año 2009, una guía de diagnóstico clínico para patologías pulpares y periapicales llamadas "consensus conference recommended diagnostic terminology".

Es muy importante entender que esta ciencia se encuentra interrelacionada con muchas otras en el ámbito odontológico, así como con otras ciencias médicas que debemos comprender para llevar a cabo un plan de tratamiento oportuno, que nos permita poder realizar una endodoncia basada en evidencia científica, siempre teniendo como objetivo principal el preservar la salud (3).

A lo largo del tiempo el papel principal del tratamiento endodóntico ha sido curar el dolor dental causado por lesiones inflamatorias de la pulpa (pulpitis) y tejido periapical (periodontitis apical), para curar dichos problemas los tratamientos realizados en endodoncia son: recubrimiento pulpar indirecto, recubrimiento pulpar directo y pulpotomía (dentro de los conservadores), por otro lado tenemos la pulpectomía (como tratamiento radical), este tratamiento es de elección cuando la

pulpa ya no puede mantenerse sana, debido al daño que se ha generado en ella o porque dicha pulpa dental ya se encuentra en un proceso de necrosis (1,3).

Valorando cada uno de los aspectos mencionados anteriormente, podemos decir que el objetivo principal de la endodoncia es la erradicación de la fuente de irritación que ha dañado la pulpa dental o los tejidos perirradiculares (4). Schilder fue la primera persona en decir que para poder lograr este objetivo es importante seguir la tríada endodóntica, compuesta por: la conformación del sistema de conductos, su desinfección y obturación tridimensional; sin dejar de lado el hecho de que los dientes no restaurables o con fractura vertical de la raíz, no podrán ser completados, ya que una endodoncia finalizada es aquella que ha sido restaurada, esto permitirá tener una mejor tasa de éxito en nuestro tratamiento (1,4).

2.2. MICROORGANISMOS PRESENTES

Los irritantes más frecuentes en la patología pulpar y periapical, son los microorganismos, capaces de atravesar las barreras físicas de los tejidos dentales (esmalte, dentina, cemento), y de esta manera poder llegar a la pulpa dental, afectarla e incluso tienen la capacidad de agruparse y formar un biofilm (1,4,5). El biofilm es la etiología principal de la enfermedad pulpar y periapical, este consiste en células individuales y multi colonias (mixta) de bacterias, adheridas a una superficie y que se encuentran embebidas en una matriz extra polimérica (MEP) altamente hidratada. Las bacterias pueden formar biopelículas en cualquier superficie que contenga nutrientes, para que se dé dicha formación es necesario tres componentes principales: células bacterianas, una superficie sólida y un medio fluido. Primero las células se encuentran de manera planctónica, luego comienzan a crecer y se agregan para formar micro colonias (poblaciones) que están incrustadas o distribuidas aleatoriamente en la MEP y separadas por canales de agua que permiten el intercambio de nutrientes. Dicho biofilm que se encuentra en los conductos puede comprender hasta 300 o más capas celulares de espesor. La MEP permite el desarrollo de las biopelículas, brinda características únicas, que son esenciales para la fisiología, producción y existencia de las mismas. Las MEP son

II. INTRODUCCIÓN

biopolímeros hidratados (normalmente polisacáridos, pero también proteínas, ácidos nucleicos y lípidos) secretados por las mismas bacterias (6,7).

En 1965 se realizó un estudio muy importante por Kakehashi, donde estipuló que la etiología más común de la enfermedad pulpar y perrirraducular es la microbiota que se encuentra arraigada en el conducto y por supuesto en los túbulos dentinarios. Por este motivo, una vez que las bacterias se encuentran dentro de los confines de los conductos radiculares, laterales o túbulos dentinarios, es necesario utilizar alternativas que nos permitan su eliminación (5,6). La literatura nos muestra que las bacterias son capaces de penetrar hasta 300-500 micras dentro de los túbulos dentinarios (10,11).

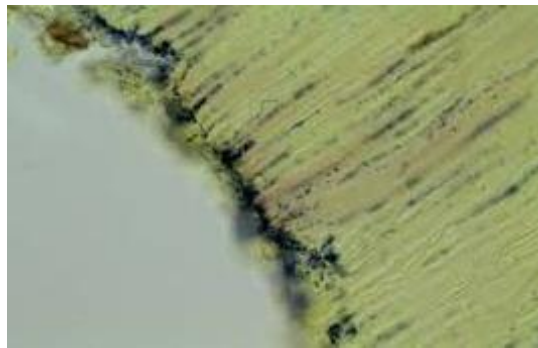


Figura 1. Penetración de las bacterias dentro de túbulos dentinarios.

En estudios anteriores se ha concluido que la profundidad de penetración de bacterias en la dentina radicular y en los túbulos dentinarios puede variar, dependiendo del tamaño de la bacteria, sus características de movilidad, así como diferencias en los diámetros de luz tubular (12).

Dado que ya se sabe que las bacterias son la etiología principal de la patología pulpar y periapical, se han realizado gran número de estudios que tienen como objetivo enfatizar en la importancia de la acción quimio-mecánica, y como dicha acción permite reducir la población bacteriana dentro del conducto radicular (10,13,14), de esta manera facilitará la cicatrización del tejido perrirradicular en caso de encontrarse dañado (12).

La limpieza del conducto radicular principal está dada por la acción quimio-mecánica. Mecánicamente los instrumentos ya sea manuales o rotatorios juegan un papel importante, ya que estos mediante la remoción física permitirán mejorar la limpieza y reproducirán la conformación geométrica ideal del conducto principal para que el irrigante entre sin problemas. Se ha demostrado que los irrigantes juegan un papel importante en la acción química, estos permitirán la disolución de tejidos orgánicos, remoción de barrillo dentinario, de algunos conductos laterales o deltas apicales, así como la penetración de los irrigantes dentro de los túbulos dentinarios (4,10,12,13).

Como ya se ha señalado, las bacterias pueden penetrar los tubulillos dentinarios, fue en el año 2010 cuando se realizó un estudio por el doctor Zou, L. y cols. que presentaba como objetivo principal la evaluación de la penetración del hipoclorito de sodio dentro de los túbulos dentinarios, lo que nos permitió valorar si tenía el suficiente alcance para poder contactar con las bacterias. Tomando esta investigación como base científica para futuros proyectos que valorarán la penetración de irrigantes dentro de los túbulos dentinarios. En dicho estudio se incluyeron variables como: la temperatura, el tiempo y la concentración de la sustancia irrigante. Una de las conclusiones más importantes de este estudio es que la penetración puede variar desde 77 micras hasta 300 micras, dependiendo de las variables, presentando los mejores resultados aquellos casos en los cuales la concentración era mayor, al igual que el tiempo de exposición y temperatura (15).

2.3. SUSTANCIAS IRRIGANTES

Hoy en día sabemos que en gran medida la irrigación es la encargada de remover la sustancia orgánica, inorgánica y microorganismos que se encuentra dentro del complejo sistema de conductos, lo que nos permitirá mejorar la tasa de éxito. La eficacia dependerá en gran medida de las características de cada uno de los irrigantes, es de suma importancia que estos se mantengan en contacto con elementos (especialmente en la porción apical) que están propiciando una enfermedad a nivel pulpar o periapical. Una de las características principales de los irrigantes debe ser la capacidad de actuar como lubricante mediante el proceso de

instrumentación, sin dejar de lado que es un agente que permitirá una mejor limpieza del conducto. Este proceso se llevará a cabo garantizando la eliminación de tejido orgánico, inorgánico y la capacidad de mantener la permeabilidad hasta la longitud de trabajo (16,17).

Estudios nos han demostrado que no contamos con algún irrigante que tenga todas las características ideales, ya que no hay alguno que tenga esta capacidad de retirar el tejido inorgánico, que es desprendido mediante la instrumentación y además disolver el tejido orgánico, pero si sabemos que hay métodos que podemos utilizar para potenciar la eficacia de cada uno de ellos, según sea el caso, ya sea aumentando la temperatura y/o adicionando sustancias (17). Otro punto que debemos tener en cuenta es el hecho de que a mayor diámetro apical, el desbridamiento del conducto y desinfección será mejor, sin dejar de lado el riesgo de extrusión del agente irrigante. A pesar de que tenemos muy claro cuál es el protocolo de desinfección, la complejidad del sistema de conductos sigue presentando una dificultad muy marcada para poder limpiar y bajar la carga microbiana en la parte más apical de cualquier preparación (16).

En la historia de la endodoncia han sido algunos los irrigantes que se han estudiado, pero actualmente los irrigantes más utilizados son el hipoclorito de sodio, EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) y la clorhexidina (4,11).

2.3.1. Hipoclorito de Sodio

Dentro de la historia tenemos que el hipoclorito de potasio fue el primero producido químicamente en Francia por Berthollet (1748-1822). En un inicio estas soluciones de hipoclorito eran utilizadas como agentes blanqueadores, alrededor de los años (1777-1850), esta sustancia fue propuesta por Labarraque para su uso en enfermedades infecciosas. A lo largo de los años, debido a los trabajos de Koch y Pasteur, esta solución comenzó a utilizarse como desinfectante a finales del siglo XIX. Tiempo después Henry Drysdale Dakin y el cirujano Alexis Carrel utilizaron la solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 0.5%, en soldados de la segunda guerra mundial, basados en estudios de Dakin en los que demostraba su

eficacia en disolución de tejido necrótico, así como un amplio espectro antimicrobiano. Por estas razones y el bajo costo, podríamos decir que es de las soluciones más aceptadas en endodoncia desde 1920 (18).

El hipoclorito de sodio (NaOCl) es el más utilizado en la clínica endodóntica debido a su alto pH (12.5), es uno de los irrigantes que podemos decir que presenta gran número de características ideales que pueden ayudar a la desinfección del sistema de conductos, ayuda a neutralizar el tejido necrótico que se encuentra en estas áreas difíciles de alcanzar, lo que producirá una mejor limpieza, por ende, mejor resultado en la obturación del sistema de conductos. Incluso es un irrigante que ha sido utilizado en distintas áreas de la medicina (12,19).

La característica que lo hace el irrigante de principal elección en el tratamiento de conductos es la capacidad de disolver tejido orgánico y la actividad antimicrobiana, sea cual sea la concentración (1% al 6%) tendrá aplicación clínica en endodoncia, siendo el 1% la concentración menos citotóxica, pero al mismo tiempo la menos efectiva(4,19).

Para entender cómo actúa el NaOCl es importante mencionar que son tres los mecanismos de acción mediante el cual actúa dicho irrigante:

-Cloraminación. La reacción entre el cloro y el grupo amino forma cloraminas que interfieren en el metabolismo celular, esto significa que el cloro actúa con un oxidante que va a inhibir enzimas esenciales de las bacterias, además que producirá una oxidación irreversible de los grupos SH (grupo sulfhidrilo) de las enzimas bacterianas esenciales. Dichas enzimas se encuentran principalmente en la pared celular, así como en la membrana citoplasmática, cuando dichas enzimas son afectadas la bacteria reduce su acción debido a que las enzimas son responsables de funciones como metabolismo y crecimiento celular, al ser afectadas la bacteria muere.

-Saponificación: el irrigante actúa como un solvente orgánico que degrada los ácidos grasos hacia sales ácidas grasosas (jabón) y glicerol (alcohol), reduce la

tensión superficial de la solución remanente. Este proceso permite la destrucción de las bacterias.

-Neutralización, donde el hipoclorito de sodio neutraliza aminoácidos formando agua y sal (18,19).

En cuanto a las concentraciones, ya se mencionó que la solución de Dakin fue la que se utilizó primero en heridas, pero con el tiempo en endodoncia se comenzaron a utilizar concentraciones mayores (5.25%). La bibliografía compara las distintas concentraciones y los resultados concluyen que concentraciones de 1% son tan capaces de disolver los tejidos orgánicos, como las de 5.25%, si son utilizadas en un tiempo abundante y volumen adecuado (4,18, 19).

La acción bactericida y de disolución de tejidos del hipoclorito de sodio puede ser modificada por tres factores: concentración, temperatura y pH de la solución. Se ha documentado que la elevación de la concentración y temperatura permitirá una disolución pulpar en menor tiempo. Dicha temperatura se logra mediante la acción de distintos activadores, que producen un efecto llamado cavitación y potencializa la limpieza rompiendo la tensión superficial y neutralizando los microorganismos, así como sus toxinas.

La desventaja principal que presenta el NaOCl es su alta toxicidad, estudios demuestran que a pesar de que la concentración alta potencializa la velocidad de disolución de tejidos orgánicos y efecto bactericida, también eleva la toxicidad. Estos altos porcentajes de concentración pueden llegar a producir mayor daño al presentarse algún accidente inadvertido en caso de llevar dicha solución a tejidos periapicales. Otra desventaja que presenta el hipoclorito de sodio a 5.25% es que reduce la resistencia a la flexión de la dentina, lo que podrá afectar en su micro dureza y en la capacidad adhesiva de la misma. Por otro lado, estudios nos demuestran que si mezclamos hipoclorito de sodio con clorhexidina se puede formar un precipitado de color marrón anaranjado que contiene paracloroanilina (PCA) potencialmente muta génica, es indispensable que evitemos dicha mezcla, esto lo logramos lavando con solución salina o estéril, entre los irrigantes (18–21).



Figura 2. Presentación de marca comercial de hipoclorito de sodio al 5.25%.

2.3.2. Ácido etilendiaminotetraacético

El Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) es junto con el hipoclorito de sodio, los dos irrigantes más utilizados en la ciencia endodóntica (4,17,18). El ácido etilendiaminotetraacético es una solución quelante al 17%, con un pH de 7.5. El hecho de ser quelante le permite tener la capacidad de disolver partículas inorgánicas, característica que no presenta el hipoclorito de sodio. Estas partículas inorgánicas son desprendidas luego de la acción mecánica de los instrumentos, por dicha razón el EDTA es parte del protocolo de irrigación en endodoncia.

Su reducción antibacteriana es limitada, pero al permitir remover el barrillo dentinario produce cierto efecto de remoción bacteriana que se encuentra en estos desechos inorgánicos, por otro lado es muy importante mencionar que el EDTA es capaz de neutralizar el efecto de disolución de tejido orgánico y efecto bactericida del hipoclorito de sodio, por dicha razón deben ser lavados entre su uso (4,22).

El EDTA es muy utilizado para lubricar conductos muy estrechos, así como la remoción de barrillo dentinario que queda en las paredes posterior a la conformación de los conductos principales, dicho barrillo será perjudicial en la penetración del hipoclorito y posterior obturación tridimensional. También es una solución surfactante que permite que se reduzca la tensión superficial, lo que

propiciará mejor penetración del irrigante. Está descrito en la literatura que su uso por minuto presenta resultados favorables (4,18,22,23).

Hay otros estudios que mencionan que se recomienda su utilización por hasta dos minutos, incluso señalan que en casos de capas gruesas de barrillo dentinario podría utilizarse más tiempo (sin sobrepasar los 5 minutos). Su baja actividad antibacteriana es debido a que debilita la membrana celular bacteriana, pero no es capaz de matarla (22,23).



Figura 3. Presentación de EDTA utilizado en endodoncia.

2.3.3. Clorhexidina

La clorhexidina fue desarrollada a finales de los 1940, en un inicio fue creada con el fin de ser antiviral, pero debido a que no tenía buena eficacia se dejó de utilizar. Las sales utilizadas en un inicio fueron acetato y clorhidrato de clorhexidina, pero eran muy poco solubles en agua, entonces se reemplazó por el gluconato de clorhexidina (18,22,24). Es una biguanida cargada positivamente, que tiene la capacidad de unirse a la dentina y a bacterias cargadas negativamente, lo que produce efectos antibacterianos y antimicóticos prolongados (21). Denominada base muy fuerte, que es utilizada como potente antiséptico para la cavidad oral, muy utilizado en periodoncia, así como en tratamiento de conductos por su efecto antimicrobiano. En periodoncia es más utilizado a una concentración de 0.1 a

0.2%(18,22,24). En endodoncia se utiliza a una concentración al 2 %, también se puede potenciar su actividad mediante calentamiento, pero no es la más utilizada debido a su incapacidad de disolver tejido orgánico o necrótico (18).

A pesar de ser citotóxico para los tejidos periapicales, presenta una ventaja con respecto al hipoclorito de sodio, en caso de ser extruido hacia los tejidos periapicales, estudios demuestran que no produce dolor (22).

Las desventajas que presenta en cuanto el tratamiento endodóntico son las siguientes:

- No tiene capacidad de disolver tejido necrótico.
- Es menos eficaz con bacterias gram (-) que con gram (+).

Si tomamos en cuenta que investigaciones han demostrado, que la clorhexidina ataca a la pared celular o membrana de las bacterias, cuando estas son encontradas en estado plantónico. Como bien sabemos las infecciones endodónticas primarias suelen ser formadas por biofilm poli microbiano donde predominan las gram (-), por este motivo no sería lo más oportuno indicarse como el irrigante de primera elección en endodoncia (18,21,22).



Figura 4. Clorhexidina al 2% utilizada en endodoncia.

2.3.4. Solución Salina

Un irrigante muy compatible para el organismo. Permite principalmente la lubricación de los conductos al momento en el que el operador se encuentra

realizando la preparación biomecánica. La literatura nos menciona que tiene la capacidad de controlar la hemorragia, disminuye la irritación e inflamación de los tejidos peri radiculares. Es una sustancia que es parte de la irrigación, pero no tiene capacidad antibacteriana, además de que su limpieza es pobre. Pero es de gran ayuda ya que nos permite evitar reacciones químicas entre otras sustancias irrigantes. Sin embargo, la solución salina no deben utilizarse como irrigante principal, ya que no tienen actividad disolvente de tejidos necróticos ni buena eficacia antimicrobiana (22).



Figura 5. Solución salina utilizada en endodoncia.

2.4. METODOS DE ACTIVACIÓN

Entendiendo un poco cómo funcionan los irrigantes que se han llegado a utilizar en la terapia de conducto radiculares, es importante mencionar que el sistema de conductos presenta bastantes factores que pueden afectar en la limpieza y desinfección del mismo, dentro de estos podemos observar dos muy importantes, el primero es la complejidad anatómica, otorgada por conductos laterales, deltas apicales, que no son fáciles de limpiar con el instrumento y los irrigantes. Como segundo factor tenemos el atrapamiento de aire producido por una cavidad de acceso cerrado, debido al ligamento periodontal y el hueso que se encuentra alrededor de la raíz, esto produce un efecto negativo para el flujo de los irrigantes en el extremo apical ya que se forma una burbuja de aire, que no permitirá la penetración ideal de los irrigantes (25).

Para lograr potencializar la efectividad y penetración de dichos irrigantes es indispensable la activación dada mediante diferentes técnicas que permitirán que el

irrigante potencialice su efectividad mediante el movimiento del mismo (4,10,13,15,18,26).

2.4.1. Técnica de activación manual

2.4.1.1. Irrigación con jeringa y aguja

La literatura menciona que es una técnica de irrigación eficiente, fue la primera que se utilizó ya que únicamente se necesita una jeringa y una aguja para irrigación endodóntica (con calibres pequeños).

Consiste en la aplicación de irrigante de una manera pasiva o con agitación, esta última está dada con el suministro del irrigante mediante un movimiento de entrada y salida evitando que la aguja se atore en el conducto radicular. Si la aguja se atora dentro del conducto no permitirá que el irrigante produzca un efecto de reflujo y salgan hacia coronal todos los desechos. Además, si no entra y sale pasivamente podría producirse algún accidente con hipoclorito de sodio hacia los tejidos extra radiculares. Otro punto que debemos tomar en cuenta es que la eficacia de esta activación es menor si el calibre apical, al que se ha instrumentado, es menor a 40, por este motivo y la complejidad apical se han desarrollado diferentes técnicas o dispositivos que nos permiten una mejor activación (27).



Figura 6. Irrigación con jeringa y aguja calibre 30G con salida lateral.

2.4.1.2. Irrigación manual dinámica

Esta técnica está dada por el contacto directo de las paredes dentinarias con el irrigante, activado por un movimiento manual suave, de un cono maestro que se

encuentre bien ajustado a la longitud de trabajo. Este cono debemos de moverlo en sentido apical y coronal (movimiento de empuje-tracción) en repetidas ocasiones, con una amplitud de 2-3 mm, esto mejorará el efecto hidrodinámico. La literatura reporta que tiene buena eficacia si se realizan un total de 100 movimientos en un periodo de 30 segundos (27).

2.4.2. Activación Ultrasónica

La activación ultrasónica fue introducida a la rama endodóntica en el año de 1957 por Richman, pero fue hasta 1982 que se creó un dispositivo especializado para endodoncia, creado por Cunningham y Martint (28).

Estos dispositivos trabajan a frecuencias vibratorias altas a comparación con los dispositivos sónicos. La frecuencia se entiende como el intervalo de tiempo que le toma a la punta vibradora, en moverse a través de un ciclo de ida y vuelta. La energía ultrasónica es capaz de generar múltiples nodos y antinodos, a lo largo de la longitud del objeto que se encuentra en vibración. Al momento en que esto es aplicado en el tratamiento de conductos se producirán fenómenos como la oscilación, cavitación, micro corriente acústica y generación de calor. Por otro lado, podemos observar que la amplitud es amortiguada cuando la punta entra en contacto con las paredes del conducto, lo que disminuye el movimiento y la velocidad de acción, a pesar de que la bibliografía menciona que el termino de activación ultrasónica pasiva es muy poco probable que se cumpla, ya que siempre hay contacto con las paredes dentinarias. Esta podría ser una desventaja ya que al entrar en contacto con las paredes se pueden realizar perforaciones, transporte apical y fracturas de instrumentos(4,28).

La literatura menciona que las puntas activadas ultrasónicamente son capaces de producir cavitación dentro de los conductos radiculares (incluso aunque estén presentes curvaturas) hasta 2 mm más allá de la punta activada. También nos mencionan que tendrá capacidad de entrar en tubulillos dentinarios, conductos laterales y ramificaciones, a pesar que la punta entre en contacto con las paredes del conducto radicular (29).

2.4.2.1. NSK VARIOS 370

La activación ultrasónica trabaja aproximadamente de 28-32 kHz de frecuencia, y pueden ser utilizados sistemas como Endo Ultrasonic Tip, Endodontic Synergy, Munich, Alemania o NSK Varios 370, que activan puntas metálicas para producción de cavitación mediante vibración (11,28,30).

Dicho aditamento es un escariador ultrasónico piezoeléctrico multifuncional, con una frecuencia estable y suave, con capacidad de ajustar según la conveniencia. Presenta diferentes alternativas de uso, ya sea para procedimientos de rehabilitación, periodontales o endodónticos. En su anatomía presenta un cuerpo portátil ultra compacto, asistido por un panel de control intuitivo con diferentes velocidades. Las puntas utilizadas son metálicas, de diferentes calibres y para diferentes funciones según sea la necesidad del operador. Por ejemplo, para activación de irrigantes se puede utilizar la punta E12, que presenta una angulación de 90 grados perfecta para la activación en dientes posteriores, a esta punta se le puede insertar las Limas U (Vibraran ultrasónicamente). La pieza de mano que se conecta al escariador tiene la capacidad de uso de más de 80 puntas para diversos procedimientos (30).



Figura 7. NSK Varios 370, sistema de activación ultrasónico.

2.4.3. Activación Sónica

La activación sónica fue utilizada por primera vez por Tronstadt y cols., en 1985, fueron los primeros en estudiar un instrumento sónico para la endodoncia(28). Dichos instrumentos trabajan a frecuencias vibratorias bajas, en comparación con

los dispositivos ultrasónicos, está bien estudiado el hecho de que genera amplitudes significativamente más altas en comparación de las ultrasónicas, dicha amplitud no es afectada por el contacto con las paredes de los conductos, además evitará el cizallamiento y deformación de las paredes a comparación del aditamento ultrasónico. Estos dispositivos son capaces de desalojar biopelículas que se encuentran en las paredes de los conductos, mediante el mecanismo de transmisión acústica (4,28), además de la cavitación hidrodinámica (es aquella que se da por la formación de implosiones de burbujas que se producen alrededor de los instrumentos). Hay otros estudios realizados por Jiang y cols., mencionan que esta cavitación no puede ocurrir en los sistemas sónicos debido a que la velocidad del instrumento de oscilación activado es muy baja, aunado al poco espacio con el que cuentan los instrumentos dentro del sistema de conductos (29,31).

2.4.3.1. Endo activator

Lanzado por la marca (Densply Tulsa Dental Specialities) está compuesto de una pieza de mano y puntas flexibles. Cuenta con una pieza de mano sónica e inalámbrica que es ergonómica que permite la activación de las puntas EndoActivator. Dentro de sus opciones cuenta con 3 velocidades: de 2000, 6000 y 10000 ciclos por minuto (cpm). La primera que se activa es la de 10000 cpm debido a que la literatura menciona que es la ideal para el desbridamiento de biofilm y capa de barrillo dentinario. Importante mencionar que no es autoclavable, se recomienda la limpieza con algún detergente suave (4).

Las puntas están codificadas con colores, amarillo (pequeño), rojo (mediano) y azul (grande). Los tamaños coinciden con una lima 20/02, 25/04 y 30/06. La longitud que presentan estas puntas poliméricas flexibles y fuertes, es de 22 mm. Dicho material no presenta cortes en la dentina, por dicho motivo no habrá perforaciones, ni transportaciones por las puntas de activación. Cada punta está marcada a 18,19 y 20 mm, para poder guiarse. La punta ideal para utilizar será aquella que ajuste, pero se encuentre suelta dentro del conducto, a 2 mm de la longitud de trabajo. Si la punta se encuentra apretada o se atora, no producirá la

dinámica de irrigación apropiada. Una vez seleccionada la punta se recomienda pequeños movimientos verticales, lo que permitirá mejor sinergia (4).

Éste es un sistema sónico que se encarga de activar hidrodinámicamente irrigantes dentro del conducto, mediante puntas de polímeros de diferentes calibres y con capacidad de flexión. La literatura menciona que es capaz de desbrida el barrillo dentinario así como la biopelículas situada dentro de conductos curvos. Estas producen corriente acústica, cavitación e incluso permite la remoción de hidróxido de calcio. Esta corriente acústica permite que allá mejor circulación del irrigante, mejor flujo y mayor penetración en aquellas zonas donde es inaccesible el irrigante. Incluso hay literatura que demuestra que tiene la capacidad de remover la gutapercha que queda atrapada dentro de las paredes del conducto en un retratamiento (4).



Figura 8. Endoactivator, activación sónica.

2.4.3.2. EQ-S MetaBiomed:

Dentro de los sistemas sónicos, es uno de los más nuevos, el fabricante nos indica que presenta excelente eficacia en la limpieza, menos presión hacia el foramen apical, punta con una forma cónica, fuerte y muy flexible, es ligero y muy ergonómico. Es inalámbrico y además muy fácil de usar, solo cuenta con un botón de encendido (32).

El peso de la pieza de mano con la punta ya conectada es de 43 gramos. El sistema incluye 3 puntas, una chica (15/02) color blanco, mediana (25/02) roja, grande (35/02) verde. Estas puntas miden 23 mm de largo, cada una de estas puntas cuentan con dos marcas, una que se encuentra a 18 mm y la otra a 20 mm

del extremo. Utiliza baterías alcalinas y la duración operatoria de las mismas es de 9 horas según la información que presenta el fabricante (32).

Además de ser un aditamento nuevo en el mercado presenta una cualidad única, esta es la capacidad de movimiento multidireccional (en sentido vertical y rotacional), además de contar con puntas que calibres pequeños para conductos estrechos (32).

La casa comercial no recomienda que se esterilice, no sumergir la pieza de mano en solución o agua, además de que el uso de las puntas debe ser único. Es activada por el botón de encendido a alta velocidad, si este se presiona dos veces se activará a baja velocidad. El movimiento es de entrada-salida con una amplitud de 2-3 mm. Se recomienda activar de 30-60 segundos y después remover el desecho con algún irrigante (32).



Figura 9. EQ-S Metabiomed, activación sónica.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se plantea la evaluación de la penetración del hipoclorito de sodio, mediante diferentes métodos de activación para validar el uso de un nuevo sistema de activación que no ha sido estudiado.

No hay estudios que comparen el nuevo sistema de activación de hipoclorito de sodio EQ-S (movimiento multidireccional) y de NSK Varios 370, evaluando la capacidad de penetración dentro de los tubulillos dentinarios.

Por lo que nos planteamos la siguiente pregunta:

¿Cual de los sistemas de activación METABIOMED EQ-S o NSK Varios 370 utilizando hipoclorito de sodio al 5.25%, produce mejor efecto de penetración en conductos de premolares unirradiculares?

IV. JUSTIFICACIÓN

Este estudio tiene como finalidad evaluar la capacidad de penetración del hipoclorito de sodio dentro de los tubulillos dentinarios de premolares unirradiculares, utilizando diferentes sistemas de activación que permitirán la eliminación de microorganismos que se encuentren dentro del conducto y de los túbulos dentinarios, con la capacidad de penetrar hasta 300-500 micras dentro de los túbulos. Sabemos que el objetivo de la activación es mejorar el efecto de la irrigación, por ende, permitirá la eliminación o al menos reducción de las poblaciones microbianas, de esta manera habrá mejor capacidad de respuesta del sistema inmune del huésped.

La investigación nos arrojará resultados que demostrarán si el sistema sónico EQ-S (movimiento multidireccional) tiene o no la misma capacidad de penetración que un sistema ya aprobado con base a evidencia científica, esto nos permitirá tener una opción más con una relación costo-beneficio favorable.

Importante mencionar que el mayor beneficiado con los resultados de dicho estudio será el gremio odontológico, específicamente el endodóntico ya que podremos valorar si un sistema con mayor seguridad y mas económico podrá arrojar resultados similares al ultrasonido. Siempre teniendo en cuenta que el objetivo de una mejor limpieza intra conducto, es el éxito endodóntico, lo que nos llevará a la mejora de la salud de nuestros pacientes.

Por si fuera poco, esta investigación es reproducible y viable para realizarse en la Universidad Autónoma de Baja California.

V. HIPÓTESIS

5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

El sistema de activación METABIOMED EQ-S utilizando hipoclorito de sodio al 5.25%, produce mejor efecto de penetración comparado con NSK varios en conductos de premolares unirradiculares.

5.2. HIPÓTESIS NÚLA

Los 2 sistemas de activación de hipoclorito de sodio tendrán la misma capacidad de penetración dentro de los tubulillos dentinarios en conductos de premolares unirradiculares.

5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA

El sistema de activación NSK VARIOS utilizando hipoclorito de sodio al 5.25%, produce mejor efecto de penetración comparado con METABIOMED EQ-S, en premolares unirradiculares.

VI. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la penetración del hipoclorito de sodio bajo el sistema de activación ultrasónico NSK Varios 370 y sónico EQ-S en los conductos de premolares unirradiculares.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Evaluar el efecto de la penetración del hipoclorito de sodio al 5.25% por activación ultrasónica con NSK Varios 370.
- 2) Evaluar el efecto de la penetración del hipoclorito de sodio al 5.25% por activación Sónica Meta Biomed EQ-S.
- 3) Evaluar el efecto de penetración del hipoclorito de sodio al 5.25% en los diferentes tercios de la raíz, con los diferentes sistemas de activación.

VII. VARIABLES

7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Sistema de activación del irrigante.

7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Profundidad de penetración del hipoclorito de sodio dentro de los tubulillos dentinarios.

7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES

A los sistemas de activación que son objeto de estudio se les evaluará la capacidad que tienen de producir penetración dentro de los túbulos dentinarios, mediante la solución de hipoclorito de sodio. Los premolares unirradiculares serán estandarizados instrumentados con el sistema Protaper Gold (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza) de acuerdo al fabricante. Se van a sellar las paredes externas de la dentina, así como el foramen apical. Los órganos dentarios se separarán aleatoriamente en 3 grupos. A cada uno de los órganos dentarios se les realizará un protocolo de irrigación con solución salina, EDTA e hipoclorito de sodio al 5.25%. Posteriormente se les colocará azul de metileno dentro de los conductos para simular la penetración que alcanza el hipoclorito de sodio dentro de los túbulos dentinarios. A cada uno de los grupos se les activará el azul de metileno por 30 segundos aplicando las diferentes velocidades de onda por irrigación ultrasónica activa (Various 370- 30 kHz), sónica (EQ-S Metabiomed) y grupo sin activar. Cada diente será cortado transversalmente con disco de diamante a 2, 5 y 8 mm de apical. A cada muestra se le tomará fotografía con cámara (Nikon 3100) y lente macro a máximo aumento y para su posterior toma de medida en micras de la penetración se utilizará el programa ImageJ.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. TIPO DE ESTUDIO

Experimental *in vitro*.

8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO

Se utilizaron 36 órganos dentarios unirradiculares humanos intactos con raíces rectas de un solo conducto, maduros, extraídos recientemente por motivos ortodónticos o periodontales. Se dividió en tres grupos:

Grupo 1: Velocidad de onda ultrasónica (NSK-Varios 370- 30 kHz).

Grupo 2: Velocidad de onda sónica (EQ-S Metabiomed- 10000 cpm).

Grupo 3: Control: se coloca azul de metileno, sin activar.

Hipoclorito de sodio al 5.25%.

8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL

Para valorar que los dientes tengan un conducto se utilizó el Radiovisógrafo RVG 6200 (Carestream Dental, Atlanta, GA. EUA). Motor para rotatorios X-SMART PLUS (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza). El acceso coronal fue realizado con fresa de bola de diamante (MDT Micro Diamond Technologies Ltd.) y EndoZ (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza), colocadas en una pieza de mano de alta velocidad NSK PANAMAX 2 (NSK Dental Korea Co., Ltd., Seúl). Se localizaron los conductos con DG16 (Hu-Friedy Mfg. Co., LLC. European Headquarters Astropark - Lyoner Str. 9 60528 Frankfurt).

Los materiales que se utilizaron para la instrumentación de los dientes fueron: limas manuales 08, 10 y 15 así como rotatorias Protaper Gold hasta F3 (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza). Hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5,25% (Cloralex, INDUSTRIAS ALEN, S.A. DE C.V. México), EDTA ácido etilendiaminotetraacético

al 17% SmearClear (Kerr, Orange, California, Estados Unidos) y Agua destilada (Aqualab Científica SA DE CV, México). La jeringa utilizada para la irrigación fue marca BD Plastipak 5 ml (Becton Dickinson de México, SA de CV, México). Para secar los conductos se usaron puntas de papel estériles F3 (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza).



Figura 10. Utilización de motor X SMART PLUS y sistema Protaper Gold.

Posterior a la instrumentación fue necesario cerrar el ápice con una Resina LC Block Out (ULTRADENT PRODUCTS, INC, South Jordan, UT, USA). Para sellar la dentina superficial se utilizó endurecedor (Prosa Productos Naturales S.A. de C.V., México).

Para el protocolo de Activación se utilizó azul de metileno (All-Blue, Biomaa, México), Aguja de irrigación salida lateral de calibre 30 (ACMEDENT, Dr #5, Concord, Canadá). Como sistema de activación se adquirió Ultrasonido (NSK-Varios 370, NSK Dental Korea Co., Ltd., Seúl) y Activador sónico EQ-S (Meta Biomed CO, LTD, Republic of Korea).

Para cortar las muestras en tercios radiculares se utilizó un disco de diamante (SYNDENT Tools Co., Ltd, China).

8.4. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Selección de la muestra: Un total de 36 dientes premolares unirradiculares, extraídos por motivos ortodónticos. Estos dientes fueron almacenados en condiciones controladas en solución estéril. Se tomaron radiografías mesio-distales y buco linguales, para garantizar dientes con conductos únicos y raíces menores o igual a 14 mm. Se excluyeron los dientes con caries, fracturas de raíz, ápices abiertos, conductos calcificados, defectos de resorción, postes y obturados.

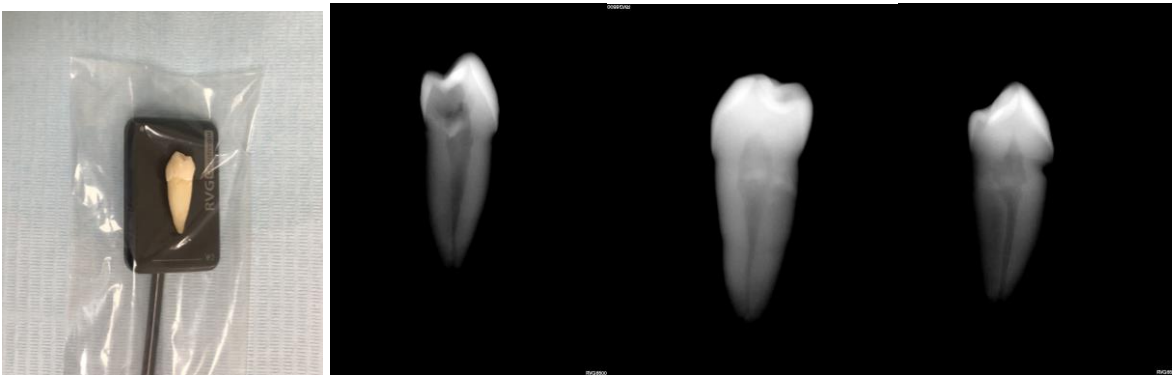


Figura 11. Toma radiográfica de los 36 órganos dentales.

Preparación de espécimen: Primero se realizó el acceso coronal con una fresa de diamante de bola, posterior a esto se localizó el conducto con el instrumento DG16 (Hu-Friedy Mfg. Co., LLC. European Headquarters Astropark - Lyoner Str. 9 60528 Frankfurt) para la exploración del conducto y determinación de la longitud de trabajo (LT con una lima 10 K (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza), hasta que la punta de ésta fue visible a través del foramen apical, se le restó 1 mm.



Figura 12. Acceso coronal de los premolares unirradiculares.

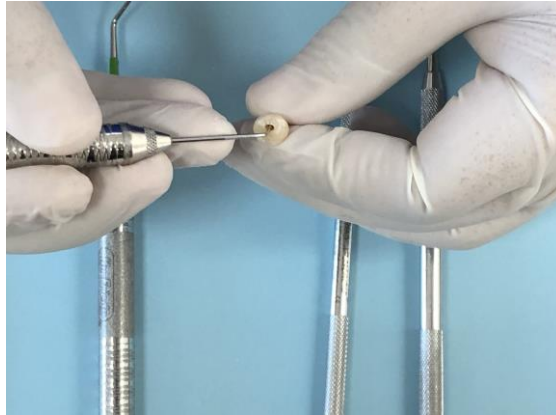


Figura 13. Localización de conductos radiculares.

Todos los conductos radiculares se prepararon a su respectiva LT hasta una lima ProTaper Gold F3 (tamaño 30) a la velocidad y torque recomendado por el fabricante (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza). Durante la instrumentación se irrigó con 1 ml de Hipoclorito de sodio al 5,25% (Cloralex, INDUSTRIAS ALEN, S.A. DE C.V. México), entre instrumentos.



Figura 14. Instrumentación e irrigación entre instrumentos SX-F3.

IX. RESULTADOS

Después de esto se colocó una barrera en apical, en este caso se realiza con Resina LC Block Out (ULTRADENT PRODUCTS, INC, South Jordan, UT, USA), para simular un sistema cerrado, posterior a esto se le colocó barniz de uñas transparente para evitar la penetración externa de la raíz.



Figura 15. Productos necesarios para colocar barrera apical.



Figura 16. Colocación de resina fluida y barniz para sellar externamente la raíz.

Con el disco de diamante (SYNDENT Tools Co., Ltd, China) se realizaron 3 ranuras transversales a 2 mm de apical, 5 mm tercio medio y a 8mm tercio coronal.

Protocolo irrigación final: Para eliminar el componente orgánico e inorgánico cada muestra fue secada con puntas de papel, luego se lavo con solución salina antes

de la irrigación final. El protocolo para la irrigación final se estableció de la siguiente manera:

1. NaOCl (5 ml, 1 min).
2. Agua destilada. (5 mL, 1 min).
3. EDTA (5 ml, 1 min).
4. Agua destilada. (5 mL, 1 min).
5. NaOCl (5 ml, 1 min), activación durante 30 s, fase de reposo 30 s, activación durante 30 s.



Figura 17. Soluciones irrigantes utilizadas en el protocolo final.

Grupos control y prueba: Para evaluar la penetración del hipoclorito de sodio al 5.25% dentro de los tubulillos dentinarios, se dividieron aleatoriamente los 36 órganos dentarios en 3 grupos (n=12) según el sistema de activación.

Grupo1: ultrasónica activa (NSK-Varios 370- 30 kHz). (PUI)

Grupo 2: activación sónica (EQ-S Metabiomed- 10000 cpm) (SIM)

Grupo 3: Control (Sin activar el azul de metileno) (C)

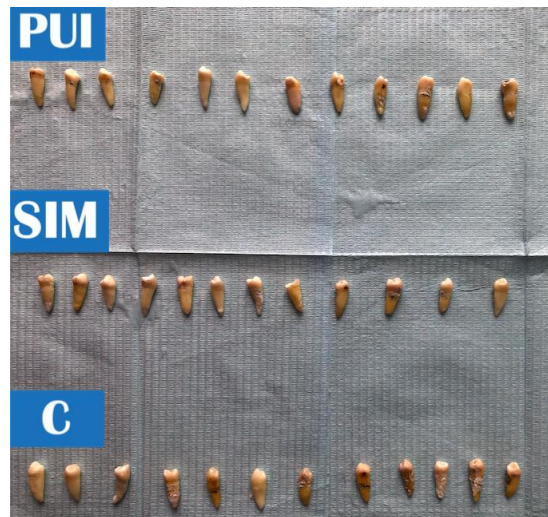


Figura 18. Diferentes Grupos

Protocolos de activación: Se depositó el Azul de metileno al 1% en el conducto a través de una jeringa estéril de 5 ml con una aguja de irrigación lateral de calibre 30. Colocando el irrigante a 1 mm de la LT, con activación de 30 segundos, simulando la profundidad de penetración del último agente irrigante (en este caso hipoclorito de sodio).

Para los grupos de prueba, en el grupo 1 (PUI), se utilizó la lima K 25 que se activa través de un dispositivo NSK-Varios 370, a potencia de 1 a 1 mm de la longitud de trabajo por 30 s. Para el grupo 2 (SIM) se activo utilizando la punta de polímero roja (25/ 0.02) a través del dispositivo EQ-S (Metabiomed) a 1 mm de la longitud de trabajo por 30 segundos. Y para el grupo 3 (C) se colocó el azul de metileno a 1 mm de la longitud de trabajo por 30 segundos. Posteriormente, el conducto se seco con puntas de papel estériles F3 y los dientes se almacenaron secos.

Disección de muestras: Se eliminó la resina fluida y se terminan de unir las ranuras con un cincel y martillo. Para retirar irregularidades se uso disco de pulido abrasivo grano medio (3M). El resultado es 1 segmento apical, 1 medio y 1 coronal de cada diente (grosor de 1 mm). Con un total de 108 secciones.

Evaluar la penetración: Las muestras se colocaron bajo aumento máximo de lente Tokina AT-X 100 mm f/2.8 Pro D colocado en cámara Nikon 3100, para observar el plano transversal de las paredes del conducto. Se capturó una imagen en cada tercio del conducto, junto con una cuadrícula de escala calibrada, para segmentos coronal, medio y apical usando una cámara digital (Nikon 3100). Todas las imágenes fueron capturadas usando la misma distancia focal de 0.3 metros con una resolución fija y un enfoque óptimo, guardadas en formato tiff y luego cargadas en el software ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, EE. UU.).



Figura 19. Toma de fotografía de los diferentes tercios radiculares.

Se uso una línea recta calibrada, que se extiende perpendicularmente desde la pared interna del conducto hacia donde se encuentra el color de lo teñido, para obtener 12 mediciones de cada imagen a la misma distancia cada medida (en sentido de las manecillas de reloj). La profundidad promedio de penetración de NaOCl para los segmentos coronal, medio y apical de cada grupo se calculó en micrómetros (μm).

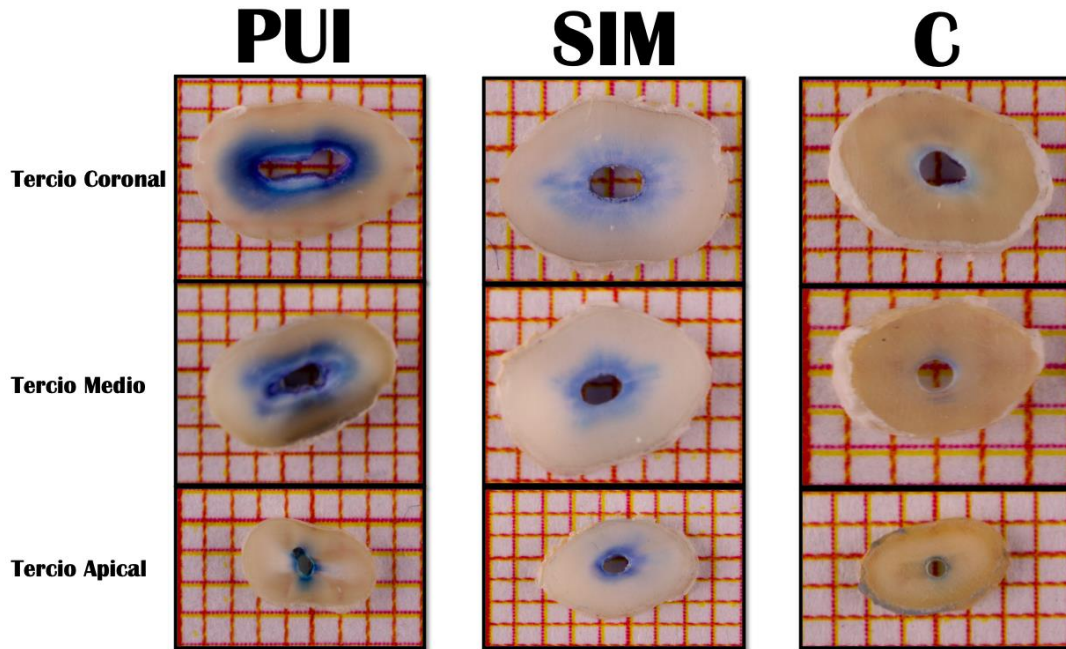


Figura 20. Grupos y sus tercios.

8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se calculó las medias y los cuartiles del 25-75% para los conductos enteros por grupo, así como para los segmentos de dientes coronales, mediales y apicales por grupo. Se realizó mediante el método de pruebas no paramétricas donde valor de $p > 0.05$. (U de Mann-Whitney)(SPSS IBM SPSS Statistics 27.0 - junio 2020).

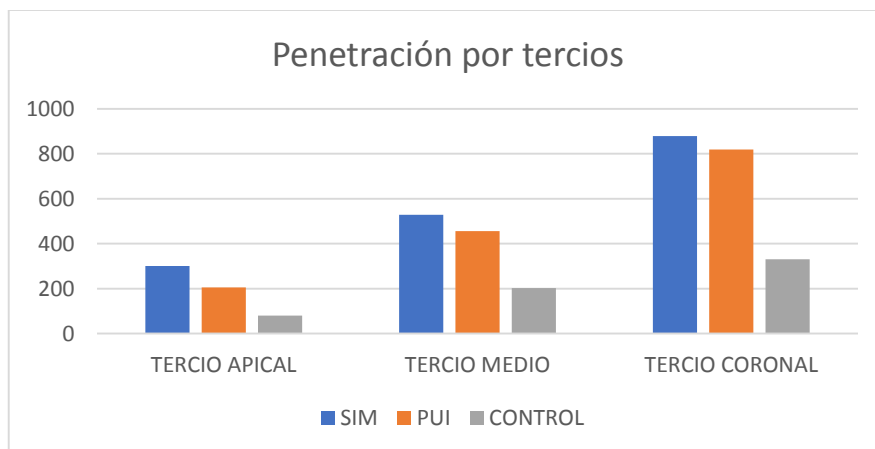
IX. RESULTADOS

9.1. MEDIDAS DE PENETRACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO

Tabla 1. Medidas de Penetración por tercio apical, medio y coronal, de los diferentes

Penetración grupo SIM por tercios			Penetración grupo PUI por tercios			Penetración grupo C por tercios			
SIMA	SIMM	SIMC	PUIA	PUIM	PUIC	CA	CM	CC	
596.76	774.21	1112.2	113.91	254.12	850.77	102.89	143.95	269.32	
389.52	657.45	1074.38	159.8	359.09	507.07	27.07	354.31	382.31	
292.13	654.55	814.56	232.55	593.2	1054.84	58.83	160.93	202.99	
412.3	585.33	746.53	178.87	859.39	954.89	53.74	148.84	253.46	
537.95	799.38	1043.97	338.81	377.21	1110.88	173.65	407.01	321.67	
225.01	395.48	1028.82	247.32	548.68	712.85	78.55	295.47	316.11	
157.98	678.85	801.86	803.61	1019.34	708.04	81.72	270.26	378.6	
192.68	424.68	1014.63	346.13	459.02	737	108.3	239.58	549.65	
165.69	329.49	673.84	335.42	866.34	1040.98	80.69	225.61	263.01	
296.69	472.38	943.62	141.21	349.21	1065.55	46.85	104.2	397.42	
308.51	451.28	639.55	145.66	406.62	787.16	70.75	172.61	479.81	
305.27	467.04	588.72	159.4	451.72	777.75	96.59	177.96	340.4	
323.37	557.51	873.56	266.89	545.33	858.98	81.64	225.06	346.23	
Medianas	300.98	528.855	879.09	205.71	455.37	818.97	79.62	201.79	331.04

grupos: SIM (activación sónica EQ-S Metabiomed), PUI (activación ultrasónica activa NSK-Varios 370) y C (control).

**Gráfica 1.** Comparación por tercios de las medianas de cada grupo.

Se logró valorar el efecto de penetración del hipoclorito de sodio de cada uno de los sistemas de activación evaluados (PUI y SIM), mediante la medición en micras de cada uno de los órganos dentarios, en sus respectivos tercios, ya sea apical, medio y coronal.

Logramos obtener las medias de los tercios en cada órgano dentario, de esta manera calcular la mediana de cada uno de los sistemas de activación en sus diferentes tercios como se observa en la Tabla 1. Por otro lado, en la Grafica 1 podemos observar el comportamiento de dichas medianas en los distintos tercios de cada grupo de estudio.

9.1.1. Efecto de penetración del hipoclorito de sodio en tercio apical

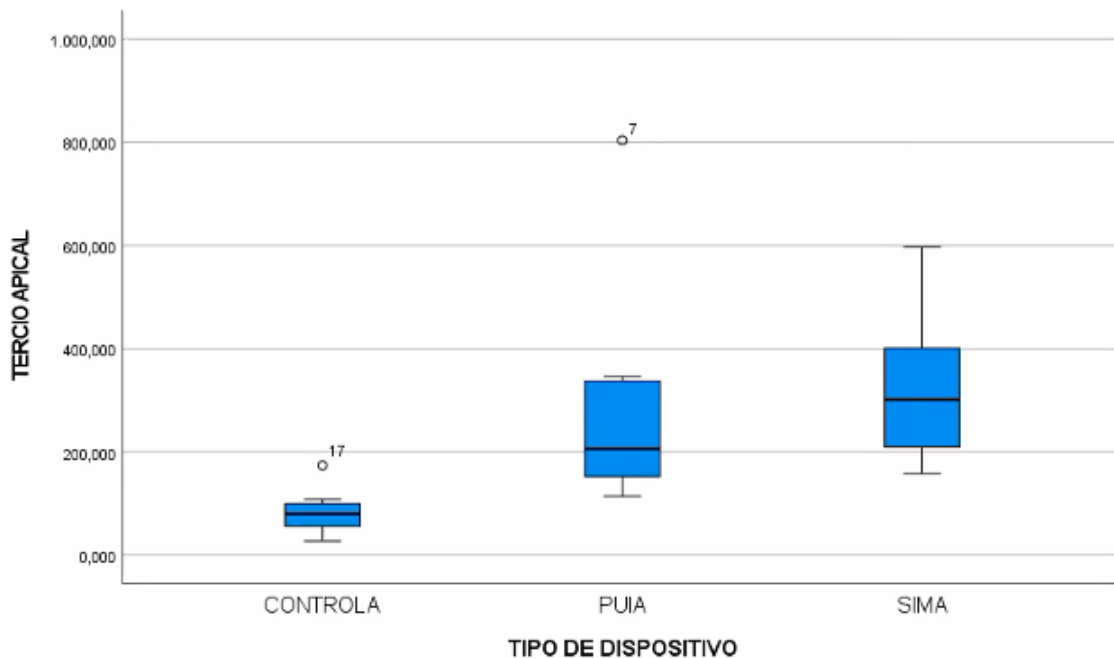
Utilizando la prueba de U Mann-Whitney podemos observar el análisis descriptivo general de los tres grupos valorando el tercio apical. Nos muestra valores como media, mediana, valores mínimos, valores máximos, etc.

TIPO DE DISPOSITIVO		Estadístico	Error estándar			
TERCIO APICAL	CONTROLA	Media	81.63583	10.824931		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	57.81032		
			Límite superior	105.46135		
		Media recortada al 5%	79.55537			
		Mediana	79.62000			
		Varianza	1406,150			
		Desviación estándar	37.498660			
		Mínimo	27.070			
		Máximo	173.650			
		Rango	146.580			
		Rango intercuartil	46.302			
		Asimetría	1,182	,637		
		Curtosis	2,634	1,232		
		PUJA		Media	266.89083	54.386617
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	147.18670
Límite superior	386.59497					
Media recortada al 5%	245.57204					
Mediana	205.71000					
Varianza	35494,850					
Desviación estándar	188.400769					
Mínimo	113.910					
Máximo	803.610					
Rango	689.700					
Rango intercuartil	188.867					
Asimetría	2,370			,637		
Curtosis	6,524			1,232		
SIMA				Media	323.37417	40.290482
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	234.69541
		Límite superior	412.05292			
		Media recortada al 5%	317.37463			
		Mediana	300.98000			
		Varianza	19479,875			
		Desviación estándar	139.570323			
		Mínimo	157.980			
		Máximo	596.760			
		Rango	438.780			
		Rango intercuartil	205.843			
		Asimetría	,787	,637		
		Curtosis	-,071	1,232		

Tabla 2. Análisis descriptivo Mann-Whitney en tercio apical

Evaluando las medianas de las profundidades de penetración en el tercio apical podemos observar que de mayor a menor fue, SIM (300.98 micras) > PUI (205.71 micras) > C (79,72 micras).

Las profundidades de penetración mínimas alcanzables de menor a mayor fueron para grupo C (27.07micras) < PUI (113.91 micras) < SIM (157.98 micras). Punto importante a valorar ya que apical es la zona más compleja de desinfección y es donde menos alcanza a penetrar el hipoclorito de sodio.



Grafica 2. Cajas y bigotes, de cada dispositivo de activación en tercio apical.

Al realizar el análisis exploratorio, a partir de la gráfica de caja y bigote, podemos observar que entre el primer y tercer cuartil se puede observar una mayor diferencia entre el grupo de control y los otros dos grupos; además, se puede observar que entre el grupo PUI y SIM existe una diferencia menor.

Ahora se analizan los resultados obtenidos para la prueba Mann-Whitney, comparando grupo SIM y C en el tercio apical:

Prueba de Mann-Whitney

		Rangos		
	TIPO DE DISPOSITIVO	N	Rango promedio	Suma de rangos
TERCIO APICAL	CONTROLA	12	6,67	80,00
	SIMA	12	18,33	220,00
	Total	24		

Estadísticos de prueba^a

	TERCIO APICAL
U de Mann-Whitney	2,000
W de Wilcoxon	80,000
Z	-4,041
Sig. asin. (bilateral)	<.001
Significación exacta [2* (sig. unilateral)]	<.001*

a. Variable de agrupación: TIPO DE DISPOSITIVO

b. No corregido para empates.

Tabla 3. Mann-Whitney grupo C y grupo SIM

Utilizando la prueba de Mann-Whitney comparamos el grupo C y grupo SIM en el tercio apical, como el p-valor es menor que 0.05 se puede concluir que si existe diferencia significativa en la profundidad de penetración cuando se utiliza SIM que cuando no se utiliza ningún dispositivo.

Ahora se analizan los resultados obtenidos para la prueba Mann-Whitney, comparando grupo PUI y C en el tercio apical:

Prueba de Mann-Whitney

		Rangos		
	TIPO DE DISPOSITIVO	N	Rango promedio	Suma de rangos
TERCIO APICAL	CONTROLA	12	6,92	83,00
	PUIA	12	18,08	217,00
	Total	24		

Estadísticos de prueba^a

	TERCIO APICAL
U de Mann-Whitney	5,000
W de Wilcoxon	83,000
Z	-3,868
Sig. asin. (bilateral)	<.001
Significación exacta [2* (sig. unilateral)]	<.001*

a. Variable de agrupación: TIPO DE DISPOSITIVO

b. No corregido para empates.

Tabla 4. Mann-Whitney grupo C y grupo PUI

Utilizando la prueba de Mann-Whitney comparamos el grupo C y grupo PUI en el tercio apical, como el p-valor es menor que 0.05 se puede concluir que si existe diferencia significativa en la profundidad de penetración cuando se utiliza SIM que cuando no se utiliza ningún dispositivo.

Ahora se analizan los resultados obtenidos para la prueba Mann-Whitney, comparando grupo SIM y PUI en el tercio apical:

Prueba de Mann-Whitney

		Rangos		
	TIPO DE DISPOSITIVO	N	Rango promedio	Suma de rangos
TERCIO APICAL	PUIA	12	10,50	126,00
	SIMA	12	14,50	174,00
	Total	24		

Estadísticos de prueba^a

	TERCIO APICAL
U de Mann-Whitney	48,000
W de Wilcoxon	126,000
Z	-1,386
Sig. asin. (bilateral)	,166
Significación exacta [2* (sig. unilateral)]	,178 ^b

a. Variable de agrupación: TIPO DE DISPOSITIVO

b. No corregido para empates.

Tabla 5. Mann-Whitney grupo SIM y grupo PUI

Utilizando la prueba de Mann-Whitney comparamos el grupo PUI y grupo SIM en el tercio apical, como el p-valor es mayor que 0.05 se puede concluir que no existe diferencia significativa en la profundidad de penetración cuando se utiliza SIM que cuando no se utiliza ningún dispositivo.

9.1.2. Efecto de penetración del hipoclorito de sodio en tercio medio

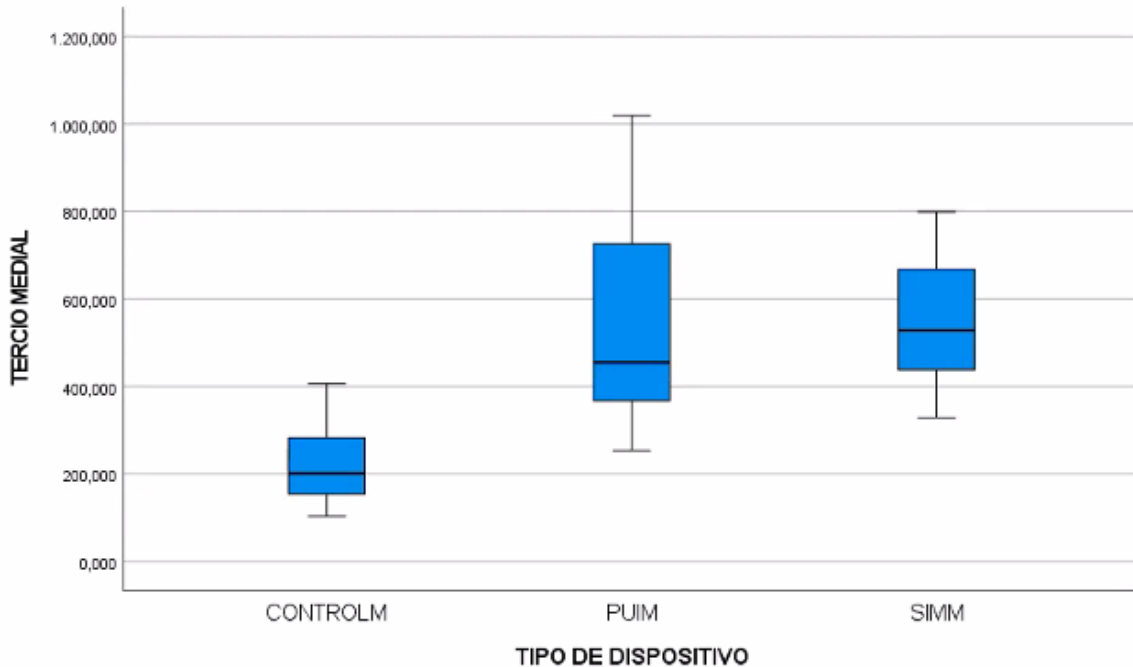
Utilizando la prueba de Mann-Whitney podemos observar el análisis descriptivo general de los tres grupos valorando el tercio medio. Nos muestra valores como media, mediana, valores mínimos, valores máximos, etc.

TIPO DE DISPOSITIVO		Estadístico		Error estándar				
TERCIO MEDIAL	CONTROL M	Media		225.06083	26.557633			
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	166.60788				
			Límite superior	283.51379				
		Media recortada al 5%		221.66704				
		Mediana		201.78500				
		Varianza		8463,694				
		Desviación estándar		91.998338				
		Mínimo		104.200				
		Máximo		407.010				
		Rango		302.810				
		Rango intercuartil		137.305				
		Asimetría		,753		,637		
		Curtosis		-,242		1,232		
		PUIM	PUIM	Media			545.32833	70.191192
				95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	390.83856	
Límite superior	699.81810							
Media recortada al 5%				535.17259				
Mediana				455.37000				
Varianza				59121,641				
Desviación estándar				243.149420				
Mínimo				254.120				
Máximo				1,019.340				
Rango				765.220				
Rango intercuartil				429.222				
Asimetría				,934	,637			
Curtosis				-,336	1,232			
SIMM	SIMM			Media		557.51000	44.633991	
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	459.27125		
		Límite superior	655.74875					
		Media recortada al 5%		556.74056				
		Mediana		528.85500				
		Varianza		23906,318				
		Desviación estándar		154.616682				
		Mínimo		329.490				
		Máximo		799.380				
		Rango		469.890				
		Rango intercuartil		242.170				
		Asimetría		,208	,637			
		Curtosis		-1,281	1,232			

Tabla 6. Análisis descriptivo Mann-Whitney en tercio medio

Evaluando las medianas de las profundidades de penetración en el tercio medio podemos observar que de mayor a menor fue, SIM (528.85 micras) > PUI (455.37 micras) > C (201.78 micras).

Las profundidades de penetración mínimas alcanzables de menor a mayor fueron para grupo C (104.20 micras) < PUI (254.14 micras) < SIM (329.49 micras).



Grafica 3. Cajas y bigotes, de cada dispositivo de activación en tercio medio.

Al realizar el análisis exploratorio, a partir de la gráfica de caja y bigote, podemos observar que entre el primer y tercer cuartil se puede observar una mayor diferencia entre el grupo de control y los otros dos grupos; además, se puede observar que entre el grupo PUI y SIM existe una diferencia menor.

Ahora se analizan los resultados obtenidos para la prueba Mann-Whitney, comparando grupo SIM y C en el tercio medio:

		Rangos		
	TIPO DE DISPOSITIVO	N	Rango promedio	Suma de rangos
TERCIO MEDIAL	CONTROLM	12	6,75	81,00
	SIMM	12	18,25	219,00
	Total	24		

Estadísticos de prueba^a

	TERCIO MEDIAL
U de Mann-Whitney	3,000
W de Wilcoxon	81,000
Z	-3,984
Sig. asin. (bilateral)	<.001
Significación exacta [2* (sig. unilaterial)]	<.001 ^b

a. Variable de agrupación: TIPO DE DISPOSITIVO

b. No corregido para empates.

Tabla 7. Mann-Whitney grupo SIM y grupo C

Utilizando la prueba de Mann-Whitney comparamos el grupo C Y grupo SIM en el tercio medio, siguiendo con el parámetro de que la diferencia estadística será considerada como significativa a $p > 0.05$. resulta que el grupo SIM si presenta diferencia estadísticamente significativa con respecto al grupo control.

Ahora se analizan los resultados obtenidos para la prueba Mann-Whitney, comparando grupo PUI y C en el tercio medio:

Prueba de Mann-Whitney

		Rangos		
	TIPO DE DISPOSITIVO	N	Rango promedio	Suma de rangos
TERCIO MEDIAL	CONTROLM	12	7,25	87,00
	PUIM	12	17,75	213,00
	Total	24		

Estadísticos de prueba^a

	TERCIO MEDIAL
U de Mann-Whitney	9,000
W de Wilcoxon	87,000
Z	-3,637
Sig. asin. (bilateral)	<.001
Significación exacta [2* (sig. unilateral)]	<.001 ^b

a. Variable de agrupación: TIPO DE DISPOSITIVO

b. No corregido para empates.

Tabla 8. Mann-Whitney grupo PUI y grupo C

Utilizando la prueba de Mann-Whitney comparamos el grupo C y grupo PUI en el tercio apical, como el p-valor es menor que 0.05 se puede concluir que si existe diferencia significativa en la profundidad de penetración cuando se utiliza SIM que cuando no se utiliza ningún dispositivo.

Ahora se analizan los resultados obtenidos para la prueba Mann-Whitney: comparando grupo SIM y PUI en el tercio medio:

Prueba de Mann-Whitney

		Rangos		
TIPO DE DISPOSITIVO		N	Rango promedio	Suma de rangos
TERCIO MEDIAL	PUI	12	11,67	140,00
	SIM	12	13,33	160,00
	Total	24		

Estadísticos de prueba^a

	TERCIO MEDIAL
U de Mann-Whitney	62,000
W de Wilcoxon	140,000
Z	-,577
Sig. asin. (bilateral)	,564
Significación exacta [2* (sig. unilateral)]	,590 ^b

a. Variable de agrupación: TIPO DE DISPOSITIVO

b. No corregido para empates.

Tabla 9. Mann-Whitney grupo PUI y grupo SIM

Utilizando la prueba de Mann-Whitney comparamos el grupo PUI y grupo SIM en el tercio medio, siguiendo con el parámetro de que la diferencia estadística será considerada como significativa a $p > 0.05$. resulta que *no presentan diferencia estadísticamente significativa entre ambos sistemas de activación.*

9.1.3. Efecto de penetración del hipoclorito de sodio en tercio coronal

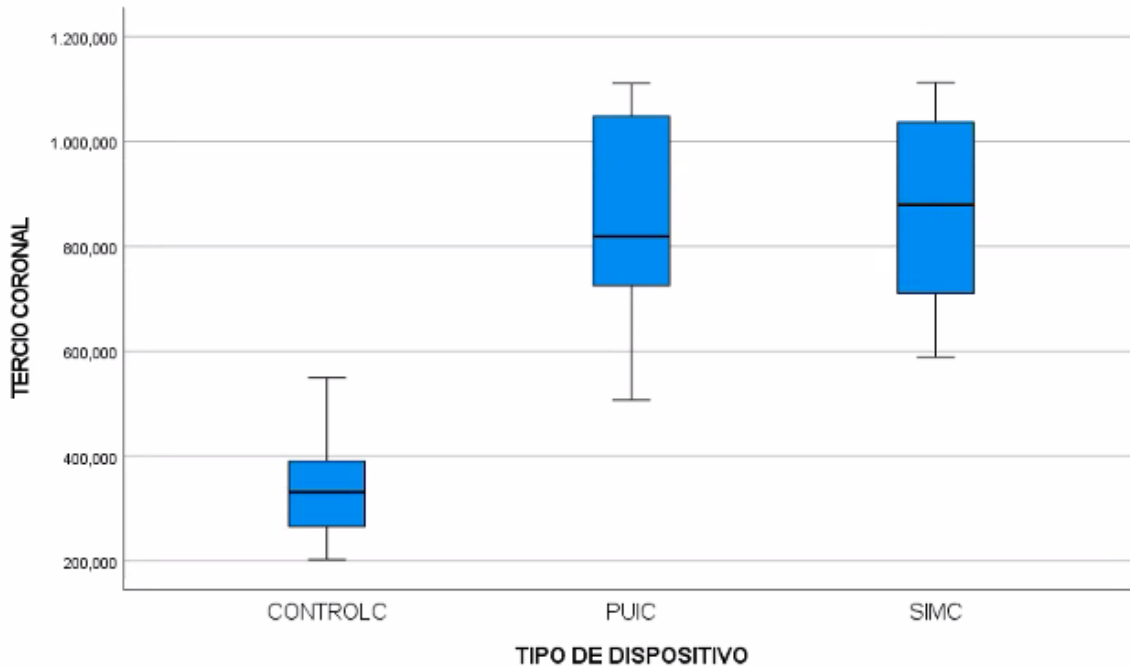
Utilizando la prueba de Mann-Whitney podemos observar el análisis descriptivo general de los 3 grupos valorando el tercio coronal. Nos muestra valores como media, mediana, valores mínimos, valores máximos, etc.

TIPO DE DISPOSITIVO		Estadístico	Error estándar		
TERCIO CORONAL	CONTROL C	Media	346.22917	28.564440	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		283.35926
			Límite superior		409.09908
		Media recortada al 5%	342.88574		
		Mediana	331.03500		
		Varianza	9791,127		
		Desviación estándar	98.950123		
		Mínimo	202.990		
		Máximo	549.650		
		Rango	346.660		
		Rango intercuartil	129.055		
		Asimetría	,699		,637
		Curtosis	,272		1,232
		PUIC	P		Media
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			740.65811	
	Límite superior			977.30522	
Media recortada al 5%	864.53796				
Mediana	818.96500				
Varianza	34680,827				
Desviación estándar	186.227891				
Mínimo	507.070				
Máximo	1,110.880				
Rango	603.810				
Rango intercuartil	332.487				
Asimetría	-,230			,637	
Curtosis	-,744			1,232	
SIMC	S			Media	873.55667
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	756.12288	
			Límite superior	990.99045	
		Media recortada al 5%	876.12296		
		Mediana	879.09000		
		Varianza	34161,200		
		Desviación estándar	184.827487		
		Mínimo	588.720		
		Máximo	1,112.200		
		Rango	523.480		
		Rango intercuartil	348.170		
		Asimetría	-,224	,637	
		Curtosis	-1,578	1,232	

Tabla 10. Análisis descriptivo Mann-Whitney en tercio coronal

Evaluando las medianas de las profundidades de penetración en el tercio coronal podemos observar que de mayor a menor fue, SIM (879.09 micras) > PUI (818.96 micras) > C (331.03 micras).

Las profundidades de penetración mínimas alcanzables de menor a mayor fueron para grupo C (202.99 micras) < PUI (507.07 micras) < SIM (588.72 micras).



Grafica 4. Cajas y bigotes, de cada dispositivo de activación en tercio coronal

Al realizar el análisis exploratorio, a partir de la gráfica de caja y bigote, podemos observar que entre el primer y tercer cuartil se puede observar una mayor diferencia entre el grupo de control y los otros dos grupos; además, se puede observar que entre el grupo PUI y SIM existe una diferencia menor.

Ahora se analizan los resultados obtenidos para la prueba Mann-Whitney, comparando grupo SIM y C en el tercio coronal:

Prueba de Mann-Whitney

		Rangos		
	TIPO DE DISPOSITIVO	N	Rango promedio	Suma de rangos
TERCIO CORONAL	CONTROL C	12	6,50	78,00
	SIM C	12	18,50	222,00
	Total	24		

Estadísticos de prueba^a

	TERCIO CORONAL
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	78,000
Z	-4,157
Sig. asin. (bilateral)	<.001
Significación exacta [2* (sig. unilateral)]	<.001 ^b

a. Variable de agrupación: TIPO DE DISPOSITIVO

b. No corregido para empates.

Tabla 11. Mann-Whitney grupo SIM y grupo C

Utilizando la prueba de Mann-Whitney comparamos el grupo C y grupo SIM en el tercio medio, siguiendo con el parámetro de que la diferencia estadística será considerada como significativa a $p > 0.05$. resulta que el *grupo SIM si presenta diferencia estadísticamente significativa con respecto al grupo control.*

Ahora se analizan los resultados obtenidos para la prueba Mann-Whitney, comparando grupo PUI y C en el tercio coronal

Prueba de Mann-Whitney

		Rangos		
	TIPO DE DISPOSITIVO	N	Rango promedio	Suma de rangos
TERCIO CORONAL	CONTROLC	12	6,58	79,00
	PUI C	12	18,42	221,00
	Total	24		

Estadísticos de prueba^a

	TERCIO CORONAL
U de Mann-Whitney	1,000
W de Wilcoxon	79,000
Z	-4,099
Sig. asin. (bilateral)	<.001
Significación exacta [2* (sig. unilateral)]	<.001 ^b

a. Variable de agrupación: TIPO DE DISPOSITIVO

b. No corregido para empates.

Tabla 12. Mann-Whitney grupo PUI y grupo C

Utilizando la prueba de Mann-Whitney comparamos el grupo C y grupo PUI en el tercio medio, siguiendo con el parámetro de que la diferencia estadística será considerada como significativa a $p > 0.05$. resulta que el *grupo SIM si presenta diferencia estadísticamente significativa con respecto al grupo control.*

Ahora se analizan los resultados obtenidos para la prueba Mann-Whitney, comparando grupo SIM y PUI en el tercio coronal:

Prueba de Mann-Whitney

		Rangos		
	TIPO DE DISPOSITIVO	N	Rango promedio	Suma de rangos
TERCIO CORONAL	PUI	12	12,33	148,00
	SIM	12	12,67	152,00
	Total	24		

Estadísticos de prueba^a

	TERCIO CORONAL
U de Mann-Whitney	70,000
W de Wilcoxon	148,000
Z	-,115
Sig. asin. (bilateral)	,908
Significación exacta [2* (sig. unilateral)]	,932 ^b

a. Variable de agrupación: TIPO DE DISPOSITIVO

b. No corregido para empates.

Tabla 13. Mann-Whitney grupo PUI y grupo SIM

Utilizando la prueba de Mann-Whitney comparamos el grupo PUI y grupo SIM en el tercio apical, siguiendo con el parámetro de que la diferencia estadística será considerada como significativa a $p > 0.05$. resulta que no *presentan diferencia estadísticamente significativa entre ambos sistemas de activación*.

Valorando estos resultados observamos que el grupo control siempre es inferior, con diferencia estadísticamente significativa con respecto al grupo PUI y SIM los cuales son activados mediante sistema ultrasónico y sónico respectivamente.

Por otro lado, valorando cada uno de los tercios apical, pedio y coronal, podemos decir que el grupo PUI y SIM no presentan una diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Por lo que se rechaza la hipótesis de trabajo y es aceptada la hipótesis nula.

X. DISCUSIÓN

El propósito del presente estudio *in vitro* fue comparar el efecto de la penetración del hipoclorito de sodio bajo el sistema de activación ultrasónico NSK Varios 370 y sónico EQ-S, en los conductos de premolares unirradiculares extraídos recientemente, mediante la medición de la penetración del azul de metileno dentro de los tubulillos dentinarios, que simula la penetración ejercida por el hipoclorito de sodio. Se utilizó en cada una de las muestras un protocolo igual para evitar la mayor cantidad de sesgos. Dicho protocolo fue realizado anterior a la activación del azul de metileno, en el cual se irriga con hipoclorito de sodio y EDTA ya que este último se asocia a una mejor capacidad de penetración, debido a la característica quelante que le brinda remoción de barrillo dentinario de las paredes del conducto, si este barrillo no se remueve puede obliterar los tubulillos dentinarios, tal y como se explica en el estudio de Teixeira y cols. (23) en el 2005.

El estudio demuestra que utilizando los sistemas de activación ultrasónica (PUI) y sónica multidireccional (SIM) se mejora de una manera considerable la penetración del hipoclorito de sodio en los 3 tercios radiculares del conducto, esto en comparación del grupo control (C) donde únicamente es irrigado con jeringa e hipoclorito de sodio, pero no se realiza ningún tipo de activación que produzca alguna vibración en el irrigante que se encuentra dentro del conducto radicular.

Por otro lado, se demostró que no se encuentra alguna diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la penetración del azul de metileno (que simula la entrada de hipoclorito de sodio dentro de los tubulillos dentinarios) con respecto al sistema activado ultrasónicamente (PUI) en comparación del sónico (SIM), en ninguno de los tercios radiculares, punto de suma importancia, ya que los tres tercios son relevantes pero debido a la complejidad anatómica, se presta suma importancia a los resultados del tercio apical. Debido a los resultados obtenidos en nuestro estudio no se rechaza la hipótesis nula.

Han sido distintas las metodologías utilizadas para medir la penetración del hipoclorito de sodio en los tubulillos dentinarios a lo largo de los años, por ejemplo, Berutti y cols. en 1997 realizaron la valoración de la penetración de distintos irrigantes y bacterias mediante la técnica Brown and Brenn (33).

Posteriormente Zou y cols. (15) en el 2010 propusieron una técnica bastante aceptada y bien valorada en la cual se tiñen las piezas dentarias con cristal violeta, y posterior a esto se realizan los protocolos de irrigación, una vez realizado el protocolo de irrigación, se entiende que el hipoclorito de sodio despintará la zona que fue penetrada dentro de los tubulillos dentinarios, para su posterior corte vertical de la raíz, método que coincide con el estudio de Palazzi y cols. (14) en el 2016, Morales y cols. (12) en el 2017, Virdee y cols. (34) en el 2020, utilizando un método similar en el estudio de Faria y cols. (11) en el 2019 con la diferencia que en dicho estudio el corte fue transversal.

Otro de los métodos de medición de penetración es la histoquímica realizada por Giardino y cols. (36) en el 2017 y Generali y cols. (37) en el 2018, donde los órganos dentarios se colocaron en una solución de sulfato de cobre al 10% durante 30 min, luego de realizar la irrigación se despintaba la zona alrededor del conducto radicular donde había penetrado el hipoclorito, posteriormente era valorado mediante microscopio óptico.

Por otro lado, el estudio de Galler y col. (26) en el 2019 emplearon sustancias fluorescentes en sustitución del hipoclorito de sodio, tomando las medidas mediante microscopio óptico, que coincide en gran parte con la metodología utilizada en el presente estudio, al igual que el estudio de Yu Gu y cols. (38) en el 2017, Akcay y cols. (39) en el 2017 donde utilizaron fluorescencia y cortes transversales, pero ellos observaron la penetración mediante microscopía con focal. Virdee y cols. (34) en el 2020 decidieron no utilizar dichas técnicas de sustitución del hipoclorito de sodio por una sustancia fluorescente, debido a la naturaleza oxidante del hipoclorito de sodio, ellos mencionan que podrían degradar las sustancias fluorescentes, por lo tanto decaerían las propiedades de penetración, por lo cual se recomienda en un futuro

realizar un estudio con ambas técnicas, para corroborar que los resultados sean coincidentes.

Es importante mencionar que son bastantes las variables que pueden influir en dicho estudio, por este motivo en este modelo experimental se realizaron esfuerzos para mejorar la reproducción de un ambiente con mayor biofidelidad intentando imitar las condiciones *in vivo*. Por ejemplo, se utilizaron dientes humanos, recién extraídos por motivos periodontales u ortodónticos, con el fin de que los órganos dentarios se mantengan en mejores condiciones como lo realizaron Galler y cols. (26) en el 2019, Faria y cols. (11) en el 2019, Virdee y cols. (40) en el 2020. Se utilizaron específicamente premolares unirradiculares para intentar reducir en su mayoría el sesgo que pueda ocurrir por la variabilidad de anatomía interna de los conductos radiculares, aun así, pudimos percatarnos en los cortes transversales que se realizaron que en el tercio coronal y medio, que muchos de los órganos dentarios tienen anatomía ovalada en la parte interna del conducto. Los órganos dentarios fueron desinfectados en hipoclorito de sodio al igual que los estudios realizados por Zou y cols.(15) en el 2010, Palazi y cols.(14) en el 2016, Virdee y cols. (34) en el 2020. Una vez realizadas las aperturas y localizaciones de los conductos radiculares, se decidió comenzar con la instrumentación, estandarizando la instrumentación a 1 mm. del foramen apical con el instrumento F3 de Protaper Gold (calibre 0.30 mm en su punta / 0.09 de conicidad), debido a que la aguja para irrigar tiene un calibre de 30 Gauge (0.3 mm) en su punta, medida que es adecuada para poder colocar el hipoclorito de sodio a 5.25% a 1 mm de la longitud de trabajo, esta característica es coincidente a los estudios de Giardino y cols. (36) en el 2017 y Generali y cols. (37) en el 2018, que utilizaron una lima X3 de Protaper Next con calibre 30, conicidad 0.07, en comparación de Azim y cols.(13) en el 2016 que utilizaron lima EndoSecuense calibre 25 con conicidad 0.04, punto que habría que evaluar ya que a un menor calibre apical disminuirá el volumen de irrigante que desinfectará el tercio apical.

Otros estudios como el realizado por Yu Gu y cols.(38) en el 2017, Galler y cols. (26) en el 2019 y Virdee y cols. (34) en el 2020 decidieron utilizar el

instrumento Protaper Next X4 equivalente a un calibre apical de 40, conicidad 0.10, muy aceptable en termino de calibre apical, pero en nuestro punto de vista la lima F3 puede cumplir con los requerimientos de irrigación necesarios para que la aguja ACMEDENT baje a 1 mm de longitud de trabajo. Siempre teniendo en cuenta que debe haber un recambio contante de hipoclorito de sodio de al menos cada 2 minutos para evitar la pérdida de efectividad del irrigante como lo indican Boutsoukis y cols. (41) en el 2010, Virdee y cols.(34) en el 2020. Por otro lado, debemos tener presente que habrá algunos conductos radiculares con curvas que no nos permitirán alcanzar la longitud deseada con nuestras agujas irrigantes.

Otro punto de suma importancia, para intentar simular la dinámica de fluidos dentro del sistema de conductos radiculares y evitar la extrusión de los irrigantes, fue el hecho de sellar los tubulillos dentinarios por la parte del cemento radicular y el foramen apical con alguna barrera que permita simular el ligamento periodontal y el hueso alveolar, tal y como lo realizaron en sus estudios Galler y cols. (26) en el 2019, Virdee y cols. (34) en el 2020, Generali y cols. (37) en el 2018, con las siguientes diferencias en comparación de nuestro estudio: ellos sellaron el foramen con masilla ligera para tomar impresiones, además que no realizaron el sellado de los tubulillos dentinarios por la parte externa de la raíz, procedimiento realizado en el presente estudio, con el fin de evitar que el azul de metileno tiña los tubulillos por la parte externa de la raíz.

La concentración del irrigante en cuestión (hipoclorito de sodio) que fue tomada para dicho estudio fue basando en los resultados de artículos como el de Zou y cols. (15) en el 2010, Morales y cols.(12) en el 2017, Virdee y cols. (34) en el 2020 en los cuales evaluaron diferentes métodos de activación y diferentes concentraciones, ellos concluyeron que a mayor concentración se tenía mejor penetración. Por ejemplo, Galler y cols. (26) en el 2019, Berutti y cols. (33) en 1997, Ghorbanzadeh y cols. (35) en el 2016. Yu Gu y cols. (38) en el 2017, Generali y cols.(37) en el 2018, realizaron la activación utilizando en cada uno de sus grupos una concentración de 5.25% (como la máxima concentración) para unificar criterios.

Un punto de suma importancia que no se puede dejar de lado es el protocolo de activación utilizado en cada uno de los grupos, en dicho estudio nos basamos en el trabajo de investigación de Galler y cols. (26) en el 2019, valorando que era el protocolo más apto y completo por la metodología realizada en nuestro estudio, a comparación del trabajo de Giardino y cols. (36) en el 2017 y Yu Gu y cols. (38) en el 2016. Por ejemplo, otros investigadores como Palazzi y cols. (14) en el 2016, Virdee y cols. (34) en el 2020, utilizaron un protocolo de activación distinto ya que ellos activaron el hipoclorito por 60 segundos, debido a que su método de evaluación era la desteñir la zona que ha penetrado el hipoclorito de sodio, a comparación de nuestro estudio en el cual la finalidad era teñir la penetración que ha logrado el hipoclorito de sodio.

Con el fin de excluir la mayor cantidad de errores en la medición de las profundidades de penetración del azul de metileno dentro de los tubulillos, se decidió tomar la medida desde el límite del conducto hasta donde se teñía la dentina, se comenzó en el ángulo 0 grados, posteriormente en el ángulo 30, luego en el 60, así sucesivamente de tal manera que al completar la circunferencia tendríamos 12 mediciones aleatorias (evitando seleccionar las medidas más pequeñas o las más altas) todo esto realizado en el software ImageJ. Después a estas medidas se les calculó el promedio para tener una medida de cada fragmento radicular, intentando ser lo más exactos posibles en dicha parte de la metodología se recomendaría realizar más medidas de cada fragmento, de esta manera el promedio sería más parecido al valor real.

Como ya mencionamos anteriormente, mediante la prueba de Mann-Whitney se demostró que entre el grupo PUI (ultrasónico) y el grupo SIM (sónico) no existe una diferencia estadísticamente significativa, en cuanto a la penetración del hipoclorito de sodio, pero si se observa que el tercio coronal tiene mayor penetración seguido por el medio y al final el apical, en ambos grupos. Si los comparamos con el grupo control, en el que no hubo activación, la diferencia si fue significativa, lo que se debe sin duda a la vibración producida por los sistemas de activación sónico y ultrasónico, punto de suma importancia para el éxito del tratamiento, más si

hablamos del tercio apical ya que es el tercio más crítico y complicado en cuanto a desinfección, tal como se puede observaba en el estudio de Galler y cols.(26) en el 2019, con la diferencia que ellos valoraron sistemas de activación laser, estos sistemas superaron a los de activación sónica y ultrasónica en cuanto a la penetración apical. En este estudio no se buscó la utilización de dichos sistemas laser debido a su alto costo. Valorando algunos estudios, la tendencia nos indica que la penetración mejora cuando se activan los irrigantes en comparación con la técnica manual, también está presente en investigaciones realizadas por Ghorbanzadeh y cols. (35) en el 2016, Faria y col. (11) en el 2016 y Morales y cols. (12) en el 2017 con la diferencia que en la metodología de este último sólo se comparó la irrigación con jeringa y sistema ultrasónico a diferentes concentraciones. Por otro lado, Galler señala que estos resultados pueden variar si las muestras en vez de ser conductos únicos y rectos, como en la mayoría de los premolares usados en el estudio, son cambiados por órganos dentarios con anatomías más complejas.

Es importante mencionar que la activación nos permitirá mejorar la desinfección del sistema de conductos, sin importar el método de activación, por ejemplo, en el trabajo de Virdee y cols. (34) en el 2020, decidieron agregar como uno de sus grupos la activación dinámica manual (mediante el ajuste del cono maestro y presión apico-coronal del mismo mediante 100 movimientos), dentro de sus resultados observaron que a nivel de penetración apical de dicho método y el de activación ultrasónica permitían una mejor penetración con respecto a la activación sónica, un punto que contrasta los resultados con respecto a los de nuestro estudio, pero nos ayuda a entender que sin importar el método de activación, es un paso fundamental en la terapia endodóntica que debemos realizar siempre.

Estos resultados contrastan con los del estudio de Ghorbanzadeh y cols. (35) en el 2016, donde mencionan que la irrigación convencional con jeringa es mejor que la activación sónica y ultrasónica. Lo anterior, llamó nuestra atención pero evaluando el trabajo podemos observar que ese resultado está dado debido a que en el grupo en el cual únicamente se irriego con jeringa también se utilizó el EDTA

para remover el barrillo dentinario, paso que fue omitido en los otros grupos, con esto podemos interpretar que la remoción del tejido inorgánico antes de la activación es de suma importancia para potencializar la penetración, por eso el uso de EDTA debe considerarse estándar de oro en la irrigación según las conclusiones de dicho autor.

XI. CONCLUSIONES

Dentro de las limitaciones que presenta este estudio intentamos estandarizar los procesos y los métodos de irrigación utilizados en cada muestra. Pero debemos tener en cuenta el hecho de que se trabajó con dientes unirradiculares, con conductos amplios y una anatomía de complejidad baja, teniendo esto claro podemos concluir lo siguiente.

La irrigación ultrasónica (PUI) e irrigación sónica (SIM) mejoran significativamente la penetración del hipoclorito de sodio dentro de los tubulillos dentinarios en todo el conducto radicular, incluso en el tercio apical, en comparación con la irrigación con aguja convencional (Grupo control, C).

La penetración fue mayor en el tercio coronal, seguido del tercio medio y finalizando con el tercio apical en cada uno de los grupos evaluados.

Podemos concluir que el nuevo sistema EQ-S de Metabiomed, lanzado al mercado, nos puede ser muy útil y es una excelente alternativa para el proceso de desinfección de nuestro conducto radicular, ya que no presenta diferencia estadísticamente significativa con respecto al sistema ultrasónico, reconocido como el estándar de oro para la activación del hipoclorito, con la diferencia que este sistema sónico nos proporciona una mayor seguridad debido a que tiene puntas poliméricas, lo que permitirá menor cantidad de fracturas, además que este sistema de activación presenta mayor comodidad, ergonomía y un bajo costo en comparación al ultrasonido.

XII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la realización del estudio con una mayor cantidad de muestras y evaluando algún órgano dentario que presente mayor complejidad anatómica, como lo podría ser raíces mesiales de molares inferiores.
- Por otro lado, se podría realizar la evaluación de la penetración con dos métodos distintos: uno podría ser el utilizado en este estudio, complementándolo con el método de desteñir el órgano dentario mediante la activación del hipoclorito de sodio.
- Al momento de realizar las mediciones se recomienda realizar una mayor cantidad de ellas en cada fragmento de órgano dentario obtenido.
- Se podría utilizar algún método de medición que implique mayor tecnología: por ejemplo microscopio confocal o microscopio electrónico de barrido.
- Para complementar el estudio realizando, además de la valoración de la penetración, podría realizarse un análisis histo-bacteriológico que permita acercarnos a un panorama más real a lo ocurrido en la clínica.
- Se recomienda evaluar la penetración de los irrigantes, combinando diferentes sistemas de activación, de esta manera valorar si esto podría potencializar su efecto.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Soares I, Goldberg F. Endodoncia: técnica y fundamentos. In: Panamericana EM, editor. Endodoncia: técnica y fundamentos. 1st ed. Argentina; 2002.
2. Torabinejad M, Walton RE. Endodoncia: Principios y Práctica. 4th ed. Elsevier, editor. Endodoncia. Principios y Practica. España; 2010. 1–473 p.
3. Canalda C, Brau E. Endodoncia. Técnicas Clínicas y Bases Biológicas. 3rd ed. Elsevier España SL, editor. 2014. 220 p.
4. Ruddle C. Endodontic disinfection: Tsunami irrigation. Saudi Endod J. 2015;5(1):1–12.
5. Berenholtz G. Endodoncia. 2nd ed. Editorial El Manual Moderno, editor. Mexico; 2011. 1–371 p.
6. Jr JFS, Rôças IN, Ricucci D. Biofilms in endodontic infection. Endod Top. 2012;(13):33–49.
7. Jhajharia K, Mehta L, Parolia A, Shetty Kv. Biofilm in endodontics: A review. J Int Soc Prev Community Dent [Internet]. 2015 [cited 2020 Aug 12];5(1):1. Available from: <http://www.jispcd.org/text.asp?2015/5/1/1/151956>
8. Ørstavik D. Virulence Factors of E Nterococcus Faecalis : Crit Rev Oral Biol Med. 2004;15(5):308–20.
9. Jain H, Mulay S, Mullany P. Persistence of endodontic infection and Enterococcus faecalis: Role of horizontal gene transfer. Gene Reports [Internet]. 2016;5:112–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.genrep.2016.09.010>
10. Wong DTS, Cheung GSP. Extension of bactericidal effect of sodium hypochlorite into dentinal tubules. J Endod [Internet]. 2014;40(6):825–9.

Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2013.09.045>

11. Faria G, Viola KS, Coaguila-Llerena H, Oliveira LRA, Leonardo RT, Aranda-García AJ, et al. Penetration of sodium hypochlorite into root canal dentine: effect of surfactants, gel form and passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J*. 2019;52(3):385–92.
12. Morales-Guevara A. Penetración Dentinaria in vitro del Hipoclorito de Sodio a Diferentes Concentraciones con las Técnicas de Irrigación Convencional y Ultrasónica Pasiva. *Int J Odontostomatol*. 2017;11(3):305–9.
13. Azim AA, Aksel H, Zhuang T, Mashtare T, Babu JP, Huang GTJ. Efficacy of 4 Irrigation Protocols in Killing Bacteria Colonized in Dentinal Tubules Examined by a Novel Confocal Laser Scanning Microscope Analysis. *J Endod* [Internet]. 2016;42(6):928–34. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.03.009>
14. Palazzi F, Blasi A, Mohammadi Z, Del Fabbro M, Estrela C. Penetration of sodium hypochlorite modified with surfactants into root canal dentin. *Braz Dent J*. 2016;27(2):208–16.
15. Zou L, Shen Y, Li W, Haapasalo M. Penetration of Sodium Hypochlorite into Dentin. *J Endod* [Internet]. 2010;36(5):793–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2010.02.005>
16. Van Der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: A review of the literature. *Int Endod J*. 2007;40(6):415–26.
17. Mozo S, Llena C, Forner L. Review of ultrasonic irrigation in endodontics: Increasing action of irrigating solutions. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2012;17(3).
18. Zehnder M. Root Canal Irrigants [Internet]. Vol. 32, *Journal of Endodontics*. 2006 [cited 2020 Feb 22]. p. 389–98. Available from:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0099239905000051>

19. Estrela C, Estrela CRA, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J.* 2002;13(2):113–7.
20. Haapasalo M, Shen Y. Evolution of nickel-titanium instruments: from past to future. *Endod Top.* 2013;29(1):3–17.
21. Krishnan U, Saji S, Clarkson R, Laloo R, Moule AJ. Free Active Chlorine in Sodium Hypochlorite Solutions Admixed with Octenidine, SmearOFF, Chlorhexidine, and EDTA. *J Endod [Internet].* 2017;43(8):1354–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2017.03.034>
22. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J.* 2014;216(6):299–303.
23. Teixeira CS, Felipe MCS, Felipe WT. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: An SEM analysis. *Int Endod J.* 2005;38(5):285–90.
24. Antonelli A, Giovannini L, Bacconi I, Giuliani V, Pace R, Rossolini GM. In vitro antimicrobial activity of the decontaminant hybenx® compared to chlorhexidine and sodium hypochlorite against common bacterial and yeast pathogens. *Antibiotics [Internet].* 2019 Dec 1 [cited 2020 Feb 22];8(4):188. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-6382/8/4/188>
25. García Delgado A, Martín-González J, Castellanos-Cosano L, Martín Jiménez M, Segura-Egea JJ. Sistemas ultrasónicos para la irrigación del sistema de conductos radiculares. *Av Odontoestomatol.* 2014;30(2):79–94.
26. Galler KM, Grubmüller V, Schlichting R, Widbiller M, Eidt A, Schuller C, et al. Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. *Int Endod J.* 2019;52(8):1210–7.
27. Gu L sha, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of

- Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. J Endod [Internet]. 2009;35(6):791–804. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.03.010>
28. Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. J Endod. 1999;25(11):735–8.
29. Macedo RG, Verhaagen B, Rivas DF, Versluis M, Wesselink P, Van Der Sluis L. Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. J Endod [Internet]. 2014;40(4):580–3. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2013.09.018>
30. NSK-Nakanishi USA [Internet]. [cited 2020 Feb 22]. Available from: <http://nsk dental.com/>
31. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: An insight into the mechanisms involved. J Endod. 1987;13(3):93–101.
32. Copyright META BIOMED CO . LTD. METABIOMED [Internet]. [cited 2020 Feb 22]. Available from: http://www.meta-biomed.com/product/product_view/100
33. Berutti E. Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. J Endod. 1997;23(12):725–7.
34. Virdee S, Farnell D, Silva M, Camilleri J, Cooper P, Tomson P. The influence of irrigant activation, concentration and contact time on sodium hypochlorite penetration into root dentine: an ex vivo experiment . Int Endod J. 2020;0–3.
35. Ghorbanzadeh A, Aminsobhani M, Sohrabi K, Chiniforush N, Ghafari S, Shamshiri AR, et al. Penetration depth of sodium hypochlorite in dentinal tubules after conventional irrigation, passive ultrasonic agitation and Nd: YAG laser activated irrigation. J Lasers Med Sci [Internet]. 2016;7(2):105–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.15171/jlms.2016.18>

36. Giardino L, Cavani F, Generali L. Sodium hypochlorite solution penetration into human dentine: a histochemical evaluation. *Int Endod J.* 2017;50(5):492–8.
37. Generali L, Campolongo E, Consolo U, Bertoldi C, Giardino L, Cavani F. Sodium hypochlorite penetration into dentinal tubules after manual dynamic agitation and ultrasonic activation: a histochemical evaluation. *Odontology [Internet].* 2018;106(4):454–9. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10266-018-0355-4>
38. Gu Y, Perinpanayagam H, Kum DJW, Yoo YJ, Jeong JS, Lim SM, et al. Effect of Different Agitation Techniques on the Penetration of Irrigant and Sealer into Dentinal Tubules. *Photomed Laser Surg.* 2017;35(2):71–7.
39. Akcay M, Arslan H, Mese M, Durmus N, Capar ID. Effect of photon-initiated photoacoustic streaming, passive ultrasonic, and sonic irrigation techniques on dentinal tubule penetration of irrigation solution: a confocal microscopic study. *Clin Oral Investig.* 2017;2(7):2205–12.
40. Virdee SS, Seymour DW, Farnell D, Bhamra G, Bhakta S. Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J.* 2018;51(6):605–21.
41. Boutsoukis C, Gogos C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, van der Sluis LWM. The effect of apical preparation size on irrigant flow in root canals evaluated using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. *Int Endod J.* 2010;43(10):874–81.