

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

PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA



**ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DE LA PENETRACIÓN
DENTINARIA DEL HIPOCLORITO DE SODIO Y BIOPURE MTAD
CON TÉCNICA DE ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA**

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

PRESENTA

C.D. KAREN STEPHANIA ROMERO CRUZ

PRESIDENTE

DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS

SINODAL

DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ

SINODAL

M.C.S. LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ

SINODAL

DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA; MÉXICO

JUNIO DEL 2022

**ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DE LA PENETRACIÓN
DENTINARIA DEL HIPOCLORITO DE SODIO Y BIOPURE MTAD
CON TÉCNICA DE ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA**

**ESTUDIO COMPARATIVO *IN VITRO* DE LA PENETRACIÓN
DENTINARIA DEL HIPOCLORITO DE SODIO Y BIOPURE MTAD
CON TÉCNICA DE ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA**

PRESENTA

C.D. KAREN STEPHANIA ROMERO CRUZ

**PRESIDENTE
(DIRECTORA DEL PROYECTO)**

DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS

**SINODALES
(CO-DIRECTORES DEL PROYECTO)**

DRA. ANA GABRIELA CARRILLO
VÁRGUEZ

M.C.S. LUIS HERNÁN CARRILLO
VÁRGUEZ

DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ

Tijuana, Baja California, 02 de junio de 2022

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a mis padres por su apoyo incondicional para poder cumplir este sueño, sin su apoyo y sus sacrificios no hubiera podido cumplir esta meta que me había propuesto.

A mis hermanos y a mis amigas que siempre me apoyaron durante este recorrido y que siempre tuvieron una palabra de aliento para poder seguir adelante.

A la Dra. Dulce Yicel Magaña Mancillas directora de este proyecto, por su asesoría, apoyo y completa disposición en la elaboración de este proyecto.

A la Dra. Ana Gabriela Carrillo Vázquez sinodal de este proyecto por su apoyo en la elaboración de este, y en especial por confiar en mí y permitirme ser parte de este posgrado.

Al M.C.S. Luis Hernán Carrillo Vázquez por su apoyo y tener total disposición en la elaboración de este proyecto.

Por último, pero no menos importante quisiera agradecer a la Dra. Eustolia Rodríguez Velázquez por su paciencia, dedicación y apoyo en la elaboración de este proyecto, mi completa admiración por su pasión y entrega a su trabajo.

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Quiero agradecer a las siguientes instituciones por el apoyo otorgado para la elaboración de este proyecto:

A CONACYT por la beca otorgada con el No. De CVU 1082606.

A la Universidad Autónoma de Baja California y al Posgrado de Endodoncia por abrirme las puertas y permitirme formar parte de esta institución.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES	II
TABLA DE CONTENIDO	III
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. IRRIGACIÓN	4
2.3. AGENTES IRRIGANTES.....	6
2.3.1. <i>Hipoclorito de sodio</i>	6
2.3.2. <i>Biopure MTAD</i>	9
2.3.3. <i>Ácido etilendiaminotetraacético</i>	13
2.4. MÉTODOS DE ACTIVACIÓN	14
2.4.1. <i>Activación manual</i>	15
2.4.2. <i>Activación ultrasónica</i>	15

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
IV. JUSTIFICACIÓN.....	19
V. HIPÓTESIS.....	20
5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO	20
5.2. HIPÓTESIS NULA	20
5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA	20
VI. OBJETIVOS	21
6.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
VII. VARIABLES	22
7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES	22
7.2. VARIABLES DEPENDIENTES.....	22
7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES	22
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
8.1. TIPO DE ESTUDIO	23
8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO	23
8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL.....	24
8.4. METODOLOGÍA	25
8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	33

IX. RESULTADOS	34
9.1. Evaluación cuantitativa de efecto de penetración en los túbulos dentinarios.....	34
9.1.1. Profundidad de penetración.....	36
9.1.2. Porcentaje de penetración.....	36
X. DISCUSIÓN	38
XI. CONCLUSIONES	41
XII. RECOMENDACIONES	42
XIII. BIBLIOGRAFÍA	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Configuración anatómica de un molar inferior..... 5

Figura 2. NaOCl..... 8

Figura 3. Fotografía de microscopio electrónico de barrido (SEM). . 9

Figura 4. Biopure MTAD. 13

Figura 5. EDTA..... 14

Figura 6. *NSK VARIOS 370*..... 16

Figura 7. Motor E-connect S..... 24

Figura 8. Radiografías. 25

Figura 9. Preparación de las muestras. 26

Figura 10. Preparación de cada espécimen dental..... 26

Figura 11. Solución Biopure MTAD. 29

Figura 12. Evaluación del promedio de penetración 31

Figura 13. Evaluación del porcentaje de penetración. 32

Figura 14. Tercios radiculares de cada grupo evaluado. 35

Figura 15 Profundidad de penetración..... 36

Figura 16. Porcentaje de penetración..... 37

LISTA DE ABREVIATURAS

E. faecalis

Enterococcus faecalis

EDTA

Ácido etilendiaminotetraacético

MEP

Matriz extra polimérica

NaOCl

Hipoclorito de sodio

mm

Milímetros

KHz

kilohercio

n

Número de muestra

min

Minuto

ml

Mililitro

SF

Solución Fisiológica

Mg

Miligramo

H₂O₂

Agua oxigenada

CHX

Clorhexidina

s

Segundo

I. RESUMEN

Introducción: La terapia de endodoncia se dirige hacia un conjunto específico de objetivos: curar o prevenir la periodontitis perirradicular. Los irritantes más frecuentes en la patología pulpar y periapical son el *Enterococcus faecalis*, *Actinomyces* y *Candida albicans* que fueron los microorganismos más prevalentes asociados con fallos endodónticos. Los agentes irrigantes juegan un papel muy importante en la etapa de limpieza y desinfección de los conductos radiculares, uno de los más importantes y utilizados en este estudio es el hipoclorito de sodio (NaOCl) y el Biopure MTAD el cual se introdujo para eliminar el barrillo dentinario y se puede utilizar como alternativo al NaOCl ya que se ha comprobado que elimina el *E. faecalis*. **Objetivo:** Evaluar el efecto de la profundidad y porcentaje de penetración en los túbulos dentinarios de los agentes irrigantes Biopure MTAD y NaOCl bajo el sistema de activación ultrasónica en dientes unirradiculares. **Materiales y métodos:** Se utilizaron 30 órganos dentarios unirradiculares los cuales se dividieron en tres grupos (n=10) el grupo 1 Biopure MTAD, grupo 2 NaOCl y grupo 3 solución fisiológica (control), se activó con ultrasonido NSK Varios 370 por 30 segundos con cada grupo y se utilizó azul de metileno para evaluar la profundidad y porcentaje de penetración en los túbulos dentinarios. Los dientes se seccionaron por tercios para obtener 3 segmentos de cada órgano dentario. Se analizaron las medidas en mm para cada tercio radicular, para ser observadas en el software ImageJ, para evaluar la longitud y porcentaje de penetración de cada segmento. Se utilizó el análisis ANOVA con pruebas no paramétricas utilizando pruebas de post hoc de Tukey y Bonferroni para comparaciones múltiples donde valor de ($p < 0.05$). **Resultados:** Se obtuvo que NaOCl tuvo diferencia estadísticamente significativa con el grupo control en la evaluación de profundidad de penetración de 0.10 mm por otro lado, en la evaluación de porcentaje hubo diferencia estadísticamente significativa entre NaOCl y MTAD en tercio cervical, MTAD y NaOCl con el grupo control en el tercio medio y en el tercio apical NaOCl con el grupo control. **Conclusiones:** En base a los resultados obtenidos se comprobó que NaOCl tuvo mayor profundidad y porcentaje de penetración en los tubulos dentinarios.

II. INTRODUCCIÓN

2.1. ENDODONCIA

La endodoncia es el campo de la odontología que estudia la morfología de la cavidad pulpar, la fisiología y la patología de la pulpa dental, así como la prevención y el tratamiento de las alteraciones pulpares y de sus repercusiones sobre los tejidos perirradiculares. La endodoncia procura conservar los dientes cuya pulpa, por alguna razón, se encuentra afectada en forma irreversible o perdió la capacidad de mantenerse con vitalidad (1).

La terapia de endodoncia se dirige hacia un conjunto específico de objetivos: curar o prevenir la periodontitis perirradicular. El objetivo final es ayudar en la retención a largo plazo de los dientes naturales de los pacientes en función y estética. 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).

Tomando en cuenta 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. 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 del conducto radicular (1,3,4).

2.2. MICROORGANISMOS PRESENTES

Los microorganismos presentes en el conducto radicular juegan un papel importante en las infecciones pulpares y periapicales. Los dientes comparten el microambiente de la cavidad bucal con centenares de especies bacterianas, cuando el esmalte y la dentina están intactos protegen a la pulpa, pero si esa protección se rompe, algunos microorganismos pueden llegar hasta ésta. Aunque hay diversos caminos para que las bacterias lleguen a la pulpa, el modo más frecuente es mediante la caries, en la cual poco a poco se aproximan hasta alcanzarla. En este caso el tejido pulpar es vulnerable y no consigue impedir la filtración y la diseminación de los microorganismos o de sus productos y comienzan a desintegrarse porciones de la pulpa y la necrosis es inevitable y se crean condiciones favorables para una infección pulpar masiva. Una vez que la pulpa ya está necrosada y la cavidad pulpar contaminada por completo, los productos tóxicos bacterianos y las sustancias agresivas derivadas de la necrosis séptica de la pulpa terminan por alcanzar los tejidos perirradiculares, lo que origina la periodontitis apical (1,5).

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. 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 (1,4,6) .

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 conductos 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 estas. La MEP son biopolímeros hidratados (normalmente) polisacáridos, pero también proteínas, ácidos nucleicos y lípidos) secretados por las mismas bacterias (7,8).

Kakehashi y *cols.*, en un estudio clásico demostró que las bacterias causan la enfermedad pulpar, concluyendo que una infección intrarradicular persistente causada por bacterias ubicadas dentro de los túbulos dentinarios es la explicación más razonable para el resurgimiento de la lesión de periodontitis apical. Este informe de caso destaca la importancia de lograr una desinfección adecuada del sistema de conductos radiculares para obtener un resultado predecible a largo plazo del tratamiento. (7).

Numerosos estudios han revelado un posible papel de los hongos y, más recientemente, de los virus en la incidencia de infecciones endodónticas. La literatura revela que *E. faecalis*, *Actinomyces* y *Candida albicans* fueron los microorganismos más prevalentes asociados con fallos endodónticos (9).

2.3. IRRIGACIÓN

La irrigación se define como el lavado de una cavidad corporal o una herida con agua o un líquido con medicación. Por su parte, un desinfectante se define como un agente que destruye o inhibe la actividad de los microorganismos que provocan enfermedad. Los objetivos de la irrigación en endodoncia son mecánicos, químicos y biológicos. Los objetivos mecánicos y químicos son: 1) limpiar los residuos; 2) lubricar el conducto; 3) disolver el tejido orgánico e inorgánico, y 4) evitar la formación de barrillo dentinario durante la instrumentación o disolverla cuando se forme. La función biológica de los irrigantes está relacionada con sus efectos antimicrobianos. Los microorganismos planctónicos de la cavidad pulpar y el conducto radicular coronal pueden ser eliminados con facilidad por los irrigantes al principio del procedimiento; sin embargo, las bacterias presentes en áreas del conducto menos accesibles todavía pueden provocar periodontitis apical (2).

Habitualmente, los irrigantes han sido introducidos en los conductos radiculares de forma pasiva mediante una jeringa y una aguja. Cuando se administran de forma pasiva, los irrigantes solo progresan 1mm más allá de la punta de la aguja. Es probable que los conductos apicales ensanchados y agujas más finas permitan la inserción cada vez más profunda de la aguja, lo que mejora el desbridamiento y la desinfección de los conductos radiculares. Clínicamente, la efectividad antimicrobiana de un agente dependerá de la cantidad de microorganismos presentes en el conducto radicular, de la virulencia de estos y de la anatomía del conducto. Según Ringel y cols., mencionan que la diversidad de microorganismos encontrada en el sistema de conductos radiculares indica que estos existen en relaciones simbióticas, que confiere resistencia adicional a la desinfección química (2).



Figura 1. Configuración anatómica de un molar inferior.

Se observa que un molar cuenta con anastomosis y múltiples conductos laterales (A); Conductos ya conformados con la presencia de un irrigante (B) (4).

Muchos factores deben ser considerados al seleccionar un agente irrigante, Kaur propuso una serie de requisitos que debe cumplir un irrigante intraconducto ideal: 1) debe tener amplio espectro antimicrobiano, 2) tener una alta eficacia contra microorganismos anaerobios y microorganismos facultativos organizados en el biofilm, 3) debe tener la capacidad de disolver el tejido pulpar necrótico, 4) capacidad de inactivar endotoxinas, 5) capacidad de prevenir la formación o de

disolver la formación de frotis producto de la instrumentación de las paredes del conducto, y 6) no ser tóxico para el tejido periodontal, de naturaleza no cáustica, biocompatible con los tejidos blandos. Estas cualidades de biocompatibilidad deben estar correctamente testeadas para su uso (10).

Por lo tanto, dicho lo anterior la irrigación es la encargada de remover la sustancia orgánica, inorgánica y microorganismos que se encuentran dentro del sistema de conductos, lo que nos permitirá mejorar la tasa de éxito del tratamiento de conductos (4).

2.3. AGENTES IRRIGANTES

Los agentes irrigantes seleccionados y su secuencia de uso son factores importantes que influyen en la limpieza. Es importante destacar que los protocolos deben desarrollarse para especificar la frecuencia, el volumen, y el tiempo necesario para que una solución determinada limpie un sistema de conductos radiculares. El potencial para desbridar y desinfectar es más influenciado por la alternancia entre tipos específicos de soluciones intraconducto, o usarlas en combinación, lo que se denomina "soluciones de irrigación final" que han surgido y se propone su uso para mejorar la limpieza del conducto radicular. Algunos ejemplos de soluciones de irrigación final incluyen el MTAD (Dentsply Tulsa Dental Specialties), Smear Clear (Sybron Endo Specialties) y Clorhexidina (CHX). Los irrigantes más importantes que se utilizan habitualmente para limpiar un sistema de conductos radiculares son el hipoclorito de sodio (NaOCl) y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), estas soluciones son utilizadas para realizar la irrigación final (4).

2.3.1. Hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio (NaOCl) es una concentración del 6%, es un poderoso irrigante económico que potencialmente puede destruir esporas, virus y bacterias y, lo que es más importante, ha sido demostrado que digiere tejido pulpar vital y necrótico de todos los aspectos del sistema de conductos radiculares (4).

El 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 un gran número de

II. INTRODUCCIÓN

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. 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 para la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares. (4,11,12).

Para entender cómo actúa el NaOCl es importante mencionar que son tres los mecanismos de acción mediante el cual actúa dicho irrigante (12,13):

-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 (12,13).

-Saponificación: el irrigante actúa como un solvente orgánico que degrada los ácidos grasos hacia sales ácidas grasas (jabón) y glicerol (alcohol), reduce la tensión superficial de la solución remanente. Este proceso permite la destrucción de las bacterias (12,13).

-Neutralización, donde el hipoclorito de sodio neutraliza aminoácidos formando agua y sal (12,13).

Durante la terapia endodóntica, las soluciones de hipoclorito se usan a concentraciones variables entre el 0.5 y 6%. Por ejemplo, en un estudio donde se utilizaron bloques de dentina infectados, una solución de hipoclorito al 2.5% fue suficiente para eliminar *E. faecalis* en 15 minutos. Las concentraciones menores (0.5% o 1%) disuelven principalmente el tejido necrótico. Las

II. INTRODUCCIÓN

concentraciones mayores proporcionan mejor disolución tisular, pero disuelven tanto los tejidos necróticos como vitales, un efecto no siempre deseable. En cuanto a la citotoxicidad del hipoclorito de sodio se comprobó en un estudio que la destrucción celular total se identificó a partir de la dosis más alta de NaOCl al 2.5% en todos los tiempos observados (14).



Figura 2. NaOCl.

Presentación de una marca comercial de NaOCl al 5.25% (15).

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 (12,13).

Estudios han demostrado que el calentamiento de NaOCl a aproximadamente 60 °C (140 °F) aumenta significativamente la velocidad y eficacia de la digestión de tejidos. El potencial de un irrigante se maximiza cuando se calienta, se inunda en los conductos en forma, y se le da suficiente tiempo para trabajar. La frecuencia de irrigación viene determinada por la cantidad de trabajo que realiza un instrumento en particular. En general, irrigar con más frecuencia en conductos más estrechos, más largos y conductos curvos especialmente si se observa una

anatomía de sistema de conductos inusual podrá mejorar la desinfección del mismo.(4).

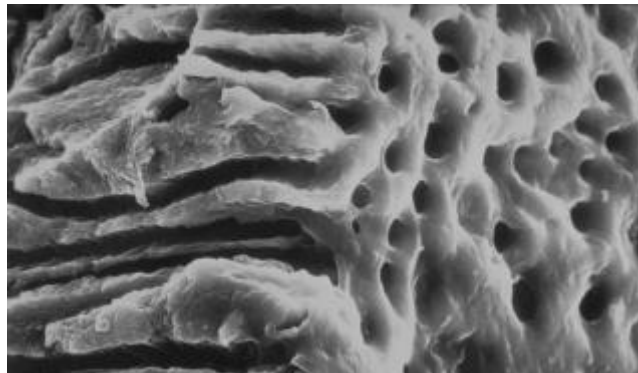


Figura 3. Fotografía de microscopio electrónico de barrido (SEM).

Se observa una fotografía de microscopio electrónico de barrido (SEM) de los conductos preparados ya limpios una vez que se activó con hipoclorito de sodio (NaOCl) (4).

2.3.2. Biopure MTAD

En el 2003 se introdujo en el mercado el MTAD, con el propósito de poder cumplir con los requisitos de un irrigante. El MTAD es una solución acuosa de un 3% de doxiciclina (un antibiótico de amplio espectro) 4.25% de ácido cítrico (agente desmineralizante) y 0.5% polisorbato (detergente). Desde su introducción al mercado, ha sido estudiado como una alternativa de irrigación del conducto radicular y se considera clínicamente efectivo y biocompatible (16).

El MTAD fue desarrollado por Torabinejad para el retiro del smear layer con propiedades antimicrobianas, se aconseja su uso como irrigación final después del empleo del NaOCl. Es una solución de irrigación cuya característica es que posee una acción antibacteriana igual que el hipoclorito de sodio al 5.25%, tiene efecto removedor de barrillo dentinario igual que el EDTA, no es citotóxico y posee sustentividad. Presenta una tensión superficial muy baja y alto grado de eficacia contra las biopelículas bacterianas. Es una solución ácida con un pH de 2.15 que es capaz de eliminar sustancias inorgánicas. Tiene un pH bajo que puede actuar como un quelante del calcio y causa desmineralización del esmalte y la superficie radicular, esta desmineralización de la superficie de la dentina es comparable con la que se logra con el ácido cítrico (17–19).

II. INTRODUCCIÓN

Biopure MTAD que sería su nombre comercial facilita la penetración de medicamentos y selladores al eliminar la capa de frotis, y uno de sus ingredientes como lo es el detergente ayuda a su difusión en las irregularidades del conducto radicular y los túbulos dentinarios. Además, la investigación muestra que Biopure MTAD produce una superficie de unión que es comparable a un grabado ácido estándar, y que los dientes tratados endodónticamente con Biopure MTAD pueden no necesitar ningún acondicionamiento de dentina adicional antes de la aplicación del adhesivo dental. Cabe mencionar que se ha considerado durante mucho tiempo al Biopure MTAD como una solución irrigante eficaz que elimina el *E. faecalis* del sistema de conductos radiculares (5,20).

Los efectos de solubilización de MTAD en la pulpa y el esmalte dental son algo parecidos a los del EDTA. La diferencia principal entre las acciones de estas soluciones es una alta afinidad obligatoria de la doxyciclina presente en MTAD para el esmalte dental, la ventaja de la doxyciclina en el MTAD se puede considerar en el estudio por Torabinejad y cols., que lo comparan con el NaOCl y el EDTA en la capacidad de eliminar al *E. faecalis*, el MTAD resultó ser tan eficaz como el NaOCl al 5.25% y considerablemente más eficaz que el EDTA. Además, el MTAD es considerablemente más eficaz en la eliminación del *E. faecalis* que el NaOCl cuando se diluyen las soluciones. Shabahang y cols., condujeron un estudio para comparar las capacidades de MTAD y de NaOCl en la desinfección de los conductos radiculares que habían sido contaminados con saliva entera. Veintitrés de sesenta dientes tratados con NaOCl seguía infectado. Solamente uno de sesenta dientes tratado con MTAD seguía infectado (19,21).

Biopure MTAD, por otro lado, es un material biocompatible. Su capacidad para eliminar completamente la capa de frotis mejora cuando se utiliza NaOCl como un irrigante intraconducto durante la instrumentación. La investigación muestra que solo se necesita una concentración muy baja de NaOCl (1.3%) para lograr resultados efectivos. En consecuencia, Biopure MTAD es una solución ideal para los médicos que prefieren usar NaOCl diluido (1.3%), en lugar de usarlo a una concentración de 5.25% (20).

Propiedades del Biopure MTAD (20):

- Soluble a los tejidos orgánicos e inorgánicos ▪
- No erosionan las paredes del conducto radicular ▪
- Es antimicrobiano ▪
- Mantiene sus propiedades aun al ser diluido ▪
- Es menos citotóxico que el EDTA y el NaOCl al 5.25% ▪
- Tiene baja tensión superficial

La morfología del sistema de conductos radiculares es compleja con numerosas complejidades, conductos laterales y túbulos dentinarios en los que se esconden las bacterias, a diferentes profundidades. La capa de frotis solo aumenta el desafío de eliminar las bacterias al inhibir o retrasar la penetración de irrigantes antibacterianos en los túbulos dentinarios. La investigación muestra que el agua destilada y el NaOCl dejan la capa de frotis intacta. El 17% de EDTA elimina la capa de frotis, pero a costa de la erosión de los túbulos dentinarios en el proceso, por lo tanto, Biopure MTAD es diferente cuando se usa según las indicaciones, se ha comprobado que elimina efectivamente la capa de frotis con menos erosión de la estructura dental que el EDTA. La investigación muestra que cuando se utiliza Biopure MTAD como se recomienda, no produce efectos adversos sobre la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad de la dentina (20).

En diversos estudios como el de Ghoddusi y *cols.*, donde evaluaron el efecto de la MTAD como irrigante final en la eliminación del barrillo dentinario en este caso favoreció la adhesión de los cementos obturadores sobre la dentina, lo que conlleva una disminución de la filtración de las bacterias al interior del conducto radicular. En otro estudio de Mohammadi Shariari y *cols.*, compararon la sustentividad antimicrobiana de Biopure MTAD, la clorhexidina al 2% (CHX) y el hipoclorito de sodio al 2.6% (NaOCl) en la dentina radicular humana infectada con *E. faecalis*, donde concluyeron que la sustentividad de Biopure MTAD fue significativamente mayor que CHX y NaOCl. Por otra parte, el estudio de Yasuda y *cols.*, en donde investigaron el efecto de MTAD en la diferenciación de células

similares a osteoblastos. Estos resultados sugieren que MTAD es un irrigante menos citotóxico y no afecta la diferenciación de osteoblastos en comparación con otros irrigantes intrarradiculares, tales como H₂O₂, NaOCl, ácido etilendiaminotetraacético y clorhexidina.

Una vez más comprobando la eficacia del MTAD en la limpieza de conductos radiculares en un estudio de Torabinejad, Shabahang, Bahjri probaron la capacidad de una mezcla de isómero de tetraciclina, un ácido y un detergente (MTAD) para eliminar el *E. faecalis* y comparar su eficacia a la del NaOCl y el EDTA, con base en los resultados de este estudio, MTAD es una solución eficaz en la erradicación del *E. faecalis* (22–25).

Valorando todo lo ya mencionado se concluye que el efecto antimicrobiano de MTAD ha sido gran parte atribuido a la presencia de doxiciclina. En un reciente estudio, se añadió a la clorhexidina o sustituido por doxiciclina para comparar estas tres formulaciones en su capacidad para desinfectar los dientes humanos extraídos infectados con *E. faecalis*. Los resultados mostraron que, aunque la adición de clorhexidina no hizo un impacto negativo en la eficacia de MTAD, la sustitución de este agente antimicrobiano para la doxiciclina significativamente redujo la eficacia de la solución (26).

En cuando a las presentaciones que existen del Biopure MTAD se puede dispensar fácilmente con una jeringa incluida y una aguja ProRinse® de ventilación lateral de calibre 28 que llega bien al espacio del conducto y administra la solución de forma pasiva (20).

Presentación del MTAD (20):

Conductos Unirradicular: Líquido en una jeringa 5ml Polvo en botella 150mg

Conductos Multirradiculares: Líquido en una jeringa 20ml Polvo en botella 600mg.



Figura 4. Biopure MTAD.

Presentación comercial en la que podemos encontrar el Biopure MTAD (27).

2.3.3. Ácido etilendiaminotetraacético

El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) 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 NaOCl. 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 (4).

Los agentes quelantes que contienen EDTA se utilizan para negociar conductos de menor diámetro y eliminar la capa de frotis de las paredes de una expansión o preparación terminada. Una solución acuosa al 17% de EDTA inundando una preparación bien formada durante un minuto después del procedimiento de preparación biomecánica del conducto, ha demostrado que puede quitar la capa de frotis. Es importante destacar que los estudios muestran que alternar entre soluciones de NaOCl y EDTA durante los procedimientos de preparación del

conducto reduce la acumulación de escombros y da como resultado conductos más limpios (4).

Una solución acuosa de EDTA promueve la eliminación de la capa de frotis, que es bien conocido para bloquear los túbulos dentinarios y anatomía de conductos laterales. Lógicamente, si se elimina la capa de frotis, entonces hay una adaptación potencialmente más estrecha entre el material de obturación y las paredes dentinarias de la preparación del conducto (28).

Existen diferentes preparaciones de EDTA que se usan como agentes quelantes como el RC-Prep, que contiene peróxido de úrea, el EDTAC que es un amonio cuaternario con adición de cetramida, además del REDTA, EGTA, y GLY-OXIDE que se utilizan en el área endodóntica (28).



Figura 5. EDTA.

Presentación comercial del EDTA al 18% de la casa comercial de Ultradent (29).

2.4. MÉTODOS DE ACTIVACIÓN

Los métodos de irrigación como la irrigación activa están destinados a iniciar el fluido. hidrodinámica y tiene una importante promesa de mejorar desinfección. Existe una creciente evidencia de endodoncia para apoyar esa activación fluida, en canales bien formados, juega un papel estratégico en la limpieza y desinfección en todos los aspectos del sistema de conductos radiculares, incluidos túbulos dentinarios, canales laterales, aletas, membranas y anastomosis (4).

La velocidad del irrigante está relacionada con la limpieza. eficiencia, cuanto mayor sea la velocidad de transmisión, mayor la eficiencia de limpieza El mayor enfoque en la actualidad es cómo para activar de forma segura cualquier solución dada para maximizar el fenómeno hidrodinámico. Lo tradicional los métodos han incluido calentar un reactivo utilizando dispositivos de transferencia de calor, vibrantes activos y no activos instrumentos metálicos que utilizan energía ultrasónica, y utilizando soluciones activadas electroquímicamente. Machtou demostró que bombear suavemente un cono maestro de gutapercha dentro de un canal bien formado mejoró significativamente el desplazamiento y el intercambio de cualquier reactivo dado (4).

2.4.1. Activación manual

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 (30).

2.4.2. Activación ultrasónica

La energía ultrasónica genera múltiples nodos y los antinodos a lo largo de la longitud del objeto vibraron. Debido a este mecanismo de acción, la amplitud es indeseablemente humedecido cuando la punta vibrante entra en contacto las paredes dentinarias de una preparación. Debería ser entendido que cualquier punta vibrante, incluso si está precurvada, casi con certeza entrará en contacto con la dentina, ya que prácticamente todos los conductos, incluso cuando están

bien formados, exhiben cierto grado de curvatura. Contacto entre un accionado ultrasónico la punta y la dentina dan como resultado una amplitud disminuida, una disminución indeseable en el movimiento de la punta, y una reducción exponencial de la velocidad de transmisión. Hasta la fecha, todos los instrumentos accionados por ultrasonidos se fabrican de aleaciones metálicas. Reconocer algunos impulsados por ultrasonidos instrumentos son activos, tienen filos de corte, mientras que otros instrumentos no son activos porque su corte los bordes se han reducido o eliminado. A pesar de todo, hacer vibrar cualquier punta de metal, incluso precurvada, alrededor de un canal curvatura invita a repisas, transportes apicales, laterales. perforaciones o instrumentos rotos (4).

La literatura menciona que las puntas activadas ultrasónicamente son capaces de producir cavitación dentro de los conductos radiculares, aunque estén presentes curvaturas) hasta 2 mm más allá de la punta activada. También nos mencionan que tendrá capacidad de entrar en túbulos dentinarios, conductos laterales y ramificaciones, a pesar que la punta entre en contacto con las paredes del conducto radicular (31).

2.4.2.1. NSK VARIOS 370



Figura 6. NSK VARIOS 370

Ultrasonido VARIOS 370 de la casa comercial NSK (32).

El ultrasonido *NSK varios 370* 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. 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 (32).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este estudio se pretende evaluar el efecto de la penetración dentinaria del Biopure MTAD y NaOCl ya que diversos estudios han comprobado que el Biopure MTAD puede eliminar por completo el *E. faecalis*,

Diversos estudios demuestran que al haber una activación activa del agente irrigante mejora la desinfección de los conductos radiculares, es por ello por lo que se pretende evaluar la penetración del Biopure MTAD y el NaOCl con activación ultrasónica específicamente para una mejor desinfección del sistema de conductos radiculares.

.

IV. JUSTIFICACIÓN

Una parte importante en el tratamiento de conductos es la irrigación es por ello por lo que este estudio pretende evaluar la penetración de varios agentes irrigantes como lo son el NaOCl y Biopure MTAD en dientes unirradiculares.

Es importante evaluar la capacidad de penetración de los agentes irrigantes en la dentina con activación ultrasónica ya que diversos estudios han demostrado que el calentamiento de NaOCl a aproximadamente 60 ° C aumenta significativamente la velocidad y eficacia de la digestión de tejidos, en este estudio se pretende comparar la penetración de dos agentes irrigantes utilizados en endodoncia para evaluar cual tiene mayor penetración en los conductos radiculares al ser activados con ultrasonido y cual puede penetrar mayormente en la dentina para así mejorar la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares.

V. HIPÓTESIS

5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

La caracterización planteada en esta investigación nos permitirá identificar si existe diferencia en la penetración de los agentes irrigantes Biopure MTAD e hipoclorito de sodio utilizando activación ultrasónica en conductos de dientes unirradiculares.

5.2. HIPÓTESIS NULA

No existirá diferencia estadísticamente significativa (con un nivel de confianza del 95%) en la penetración de los agentes irrigantes Biopure MTAD e hipoclorito de sodio utilizando activación ultrasónica en dientes unirradiculares.

5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Existirá diferencia estadísticamente significativa (con un nivel de confianza del 95%) en la penetración de los agentes irrigantes Biopure MTAD e hipoclorito de sodio utilizando activación ultrasónica en dientes unirradiculares.

VI. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la penetración de los agentes irrigantes Biopure MTAD e hipoclorito de sodio bajo el sistema de activación ultrasónico en dientes unirradiculares.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar la profundidad y porcentaje de penetración del Biopure MTAD en los túbulos dentinarios con activación ultrasónica en dientes unirradiculares.
2. Evaluar la profundidad y porcentaje de penetración del Hipoclorito de sodio en los túbulos dentinarios con activación ultrasónica en dientes unirradiculares.
3. Evaluar la profundidad y porcentaje de penetración del Biopure MTAD e hipoclorito de sodio en los túbulos dentinarios del tercio coronal, tercio medio y apical de la raíz con activación ultrasónica.

VII. VARIABLES

7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Sistema de activación ultrasónica.

7.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Profundidad de penetración y porcentaje de penetración del Biopure MTAD e hipoclorito de sodio en los túbulos dentinarios.

7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES

Se evaluó a través de un ensayo *in vitro* la profundidad y porcentaje de la penetración en los túbulos dentinarios de los agentes irrigantes en dientes unirradiculares con activación ultrasónica, los dientes fueron decoronados e instrumentados con el sistema Protaper Gold (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza). Posteriormente se sellaron las paredes de la dentina superficial, así como el foramen apical y la parte cervical alrededor de la entrada del conducto. Los órganos dentarios se separaron aleatoriamente en 3 grupos. El primer grupo se irrigó con Biopure MTAD, el segundo grupo con hipoclorito de sodio al 5.25% y el tercer grupo se irrigó solo con solución fisiológica. Posteriormente se les colocó azul de metileno para simular lo que penetra cada irrigante en los túbulos dentinarios sin activación dejándolo 1 min dentro del conducto. Cada diente fue seccionado transversalmente con un disco de diamante. A cada muestra se les tomaron fotografías y se evaluó la medida de la profundidad en mm utilizando el software ImageJ.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. TIPO DE ESTUDIO

Experimental *in vitro*.

8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO

Se utilizaron 30 órganos dentarios unirradiculares, 15 dientes anteriores superiores y 15 premolares inferiores unirradiculares con raíces rectas de un solo conducto, con ápice maduro, de reciente extracción. Se dividieron en 3 grupos (n=10) 5 premolares y 5 dientes anteriores en cada grupo.:

Grupo 1: Irrigante Biopure MTAD (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza).

Grupo 2: Irrigante Hipoclorito de sodio al 5.25% (Clorox® Mexico)

Grupo 3: Solución fisiológica

Criterios de inclusión

- Órganos dentarios unirradiculares
- Órganos dentario con conducto único
- Órganos dentarios con conducto recto
- Ápices maduros

Criterios de exclusión

- Caries extensas (clase II)
- Conductos curvos
- Fractura de raíz
- Ápices abiertos
- Con tratamiento de conductos previo

- Conductos calcificados
- Defectos de resorción

8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL

Se verificó que todos los órganos dentarios tuvieran un solo conducto tomando radiografías previas antes de la experimentación. Se retiró el sarro dental de las raíces de los órganos dentarios con una cureta (Hu friedy), después se decoronaron dejando una longitud estandarizada de las raíces a 15 mm para luego ser instrumentados. Para la instrumentación se utilizó limas manuales 10 y 15 (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza) para establecer la longitud, se utilizó el sistema rotatorio Protaper Gold (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza) instrumentando hasta la lima F3 utilizando el motor E- connect S (Eighteeth, Changzhou Sifary Medical Technology).



Figura 7. Motor E-connect S

Endo motor de la casa comercial Eighteeth.

Para la irrigación se utilizó Biopure MTAD (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza), hipoclorito de sodio al 5.25% (Clorox® Mexico), Solución fisiológica, aguja de irrigación de salida lateral de calibre 30 (ACMEDENT, Dr #5, Concord, Canadá), 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).

Posterior a la instrumentación fue necesario cerrar el ápice y la parte cervical alrededor de la entrada del conducto con una barrera de resina a base de metacrilato OpalDam (ULTRADENT PRODUCTS, INC, South Jordan, UT, USA). Para sellar la dentina superficial se utilizó esmalte transparente de uñas. Para el protocolo de activación se utilizó azul de metileno (All-Blue, Biomaa, México), así como también el aparato ultrasónico (NSK Varios 370, NSK Dental Korea Co., Ltd., Seúl).

8.4. METODOLOGÍA

Selección de las muestras

Se recolectaron 30 dientes unirradiculares con conducto único que fueron almacenados en solución estéril. Primeramente, se tomaron radiografías mesio distales y bucos linguales para comprobar que fuera un solo conducto.

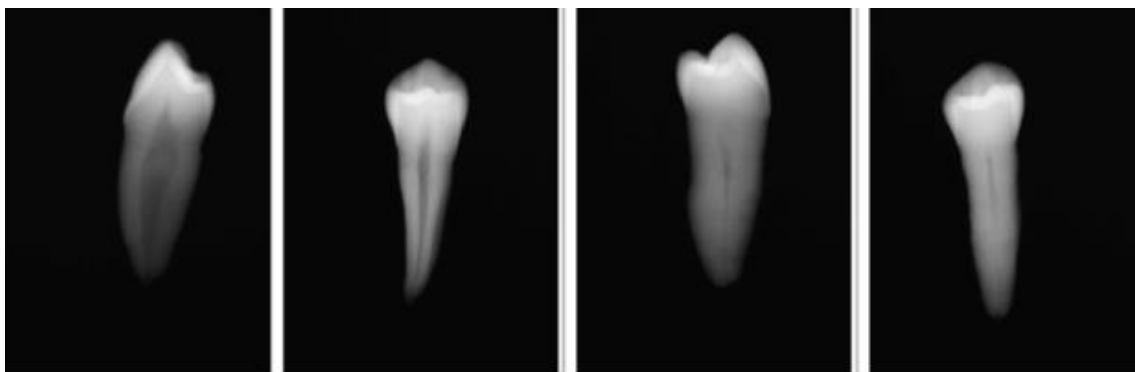


Figura 8. Radiografías.

Tomadas previamente a la preparación de cada espécimen.

Preparación de las muestras

Se retiró el sarro de las raíces de cada órgano dentario para después decoronar todos los dientes dejando una longitud estandarizada a 15 mm, posteriormente con una lima 10 tipo K se estableció la longitud de trabajo pasando la lima a través del foramen hasta que la punta de ésta fue visible y se le restó 1 mm. Para la preparación biomecánica se instrumentó hasta la lima F3 (número 30) de

Protaper Gold. Durante la instrumentación se irrigo con 1 ml de Hipoclorito de sodio al 5,25% entre cada instrumento.

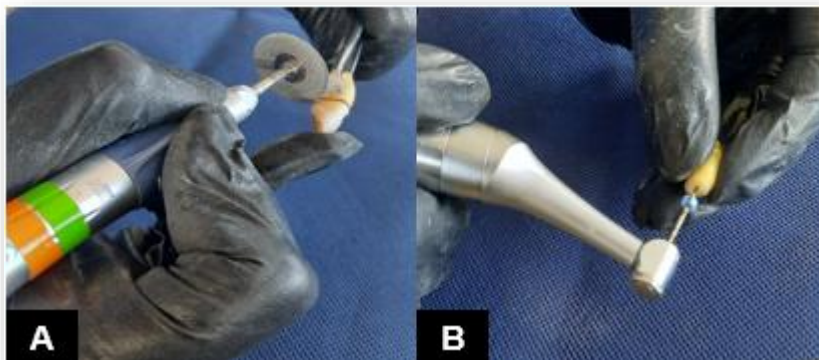


Figura 9. Preparación de las muestras.

Decoración de cada espécimen (A); Preparación biomecánica de cada espécimen dental posterior a la decoración.

Posteriormente se colocó una barrera en apical y se selló en la parte cervical alrededor de la entrada del conducto con resina OpalDam, para simular un sistema cerrado y evitar un excedente de tinción alrededor de la entrada del conducto obteniendo falsos positivos, posterior a esto se le colocó barniz de uñas transparente para evitar la penetración externa de la raíz. Con un disco de diamante doble cara se realizaron 3 ranuras transversales midiendo 5 mm cada tercio radicular para medir la penetración en los tres tercios radiculares.

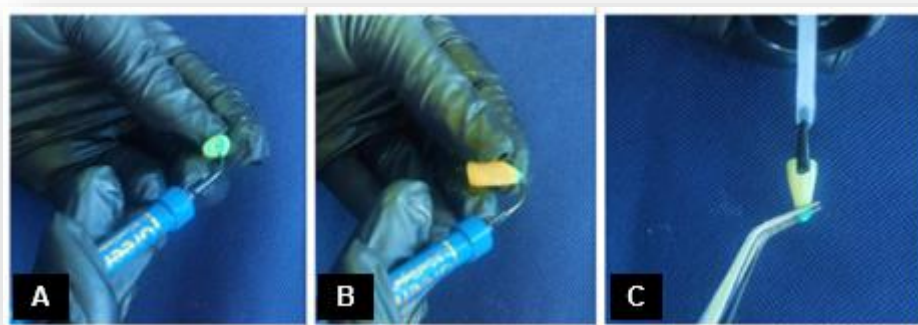


Figura 10. Preparación de cada espécimen dental.

Se coloca resina (Opaldam) en la parte coronal alrededor de la entrada del conducto (A); Se sella ápice con resina (Opaldam) (B); Se barniza cada espécimen radicular (C).

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

Para eliminar el componente orgánico e inorgánico cada muestra se secó con puntas de papel y se irrigó con solución fisiológica durante un minuto como irrigación final para eliminar las sales del hipoclorito utilizado durante la instrumentación.

Grupos y muestras

Para evaluar la profundidad y porcentaje de penetración en los túbulos dentinarios de los diferentes agentes irrigantes se dividieron los 30 órganos dentarios aleatoriamente en 3 grupos (n=10) según el agente irrigante.

Grupo 1: Biopure MTAD.

Grupo 2: Hipoclorito de sodio al 5.25%.

Grupo 3: Solución fisiológica.

Protocolo de activación

Donde el grupo 1 se irrigó con 5 ml de Biopure MTAD activando por 1 min., en el grupo 2 con 5 ml de hipoclorito de sodio al 5.25% activando por 1 min., y en el grupo 3 se irrigó con 5ml de solución fisiológica activando por 1 min. A todos los grupos se les realizó activación ultrasónica por 30 s, fase de reposo y se volvió activar por 30 s utilizando la punta tipo U con lima calibre 25. Al finalizar se secó con puntas de papel para eliminar el excedente.

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 longitud de trabajo dejándolo dentro del conducto por 1 min, simulando la profundidad de penetración del último agente irrigante en este caso:

Grupo 1: MTAD

Grupo 2: NaOCl

Grupo 3: Solución fisiológica

Por último, el conducto se secó con puntas de papel estériles F3 y los dientes se almacenaron secos.

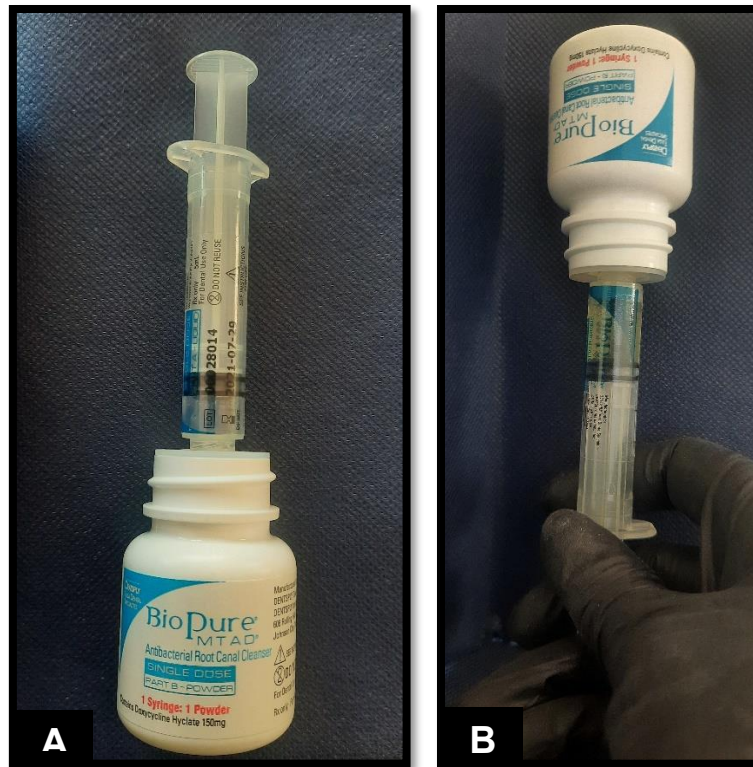


Figura 11. Solución Biopure MTAD.

Se introduce los 5ml de la jeringa en 150mg de polvo (A); Se mezcla de manera homogénea, la mezcla se aspira con la jeringa para proceder a utilizarse (B).

Disección de muestras

Se eliminó la resina OpalDam y se marca los tercios en la raíz para ser seccionados con el disco de diamante. Para retirar las irregularidades se usó disco de pulido abrasivo grano medio (3M). El resultado es 1 segmento apical, 1 medio y 1 coronal de cada diente (grosor de 5 mm) con un total de 90 secciones.

Evaluación de la penetración

Las muestras se colocaron bajo aumento máximo de lente Macro Canon 100 mm f/2.8 colocado en cámara Canon Rebel T6, 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 (Canon T6). 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 jpg y luego cargadas en el software ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, EE. UU.).

Para obtener la profundidad promedio de la penetración en los túbulos dentinarios se trazó una línea recta calibrada, que se extiende perpendicularmente desde la pared interna del conducto hacia donde se encuentra la parte más teñida y de mayor longitud en el túbulo dentinario, para así obtener 12 mediciones en total de los tres tercios radiculares de cada órgano dentario. La profundidad promedio de penetración de los irrigantes para los segmentos coronal, medio y apical de cada grupo se calculó en milímetros (mm).

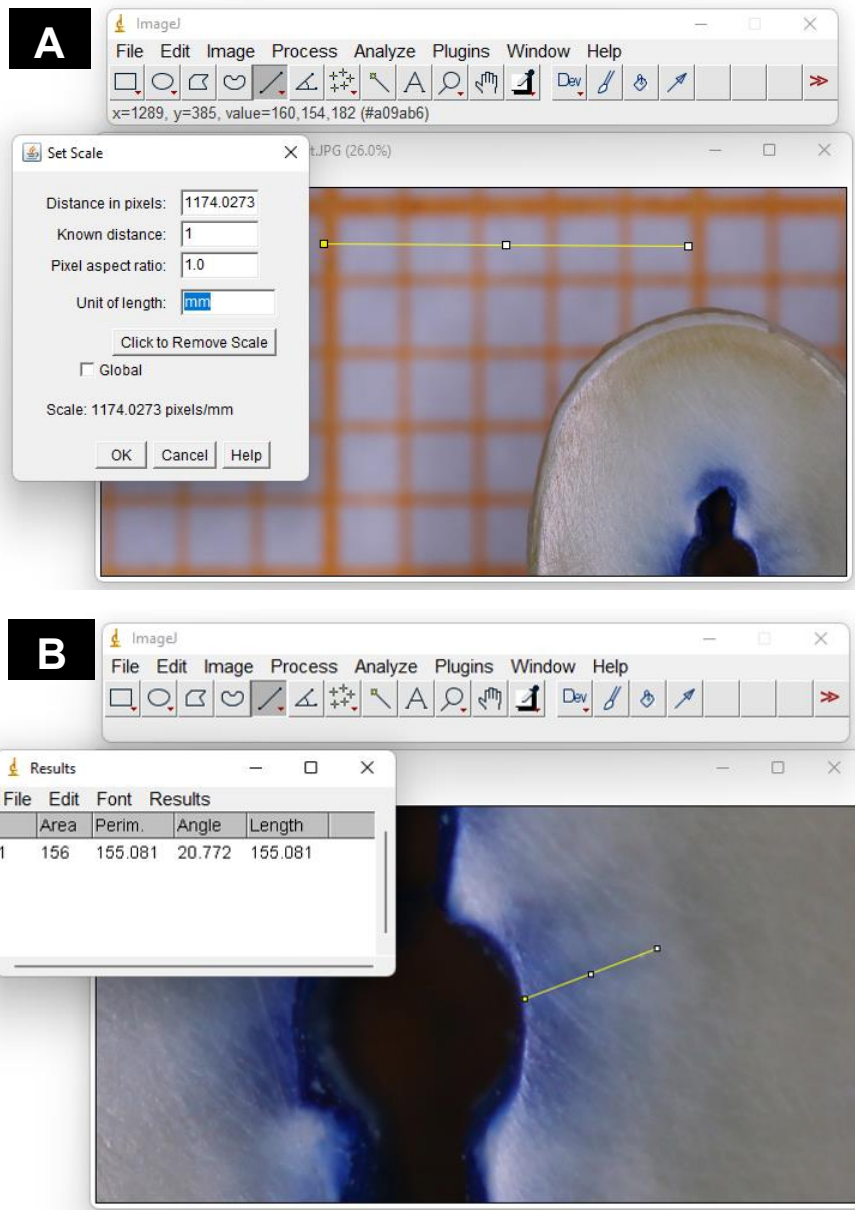


Figura 12. Evaluación del promedio de penetración

Calibración de línea recta trazada en la cuadrícula en milímetros (A); Medición de la profundidad promedio de la penetración en el túbulo dentinario correspondiente a un cuadrante del conducto radicular (B).

Para calcular el porcentaje de penetración se calibró una línea recta trazada en cada imagen de cada muestra para obtener un resultado en milímetros. Posteriormente a eso utilizando una línea libre se calculó el perímetro total del conducto radicular de cada espécimen, para después trazar cada zona

mayormente teñida en el perímetro del conducto. Por lo tanto, se obtuvo la medición del perímetro total de cada conducto y la medición de cada parte teñida alrededor del conducto dependiente el caso.

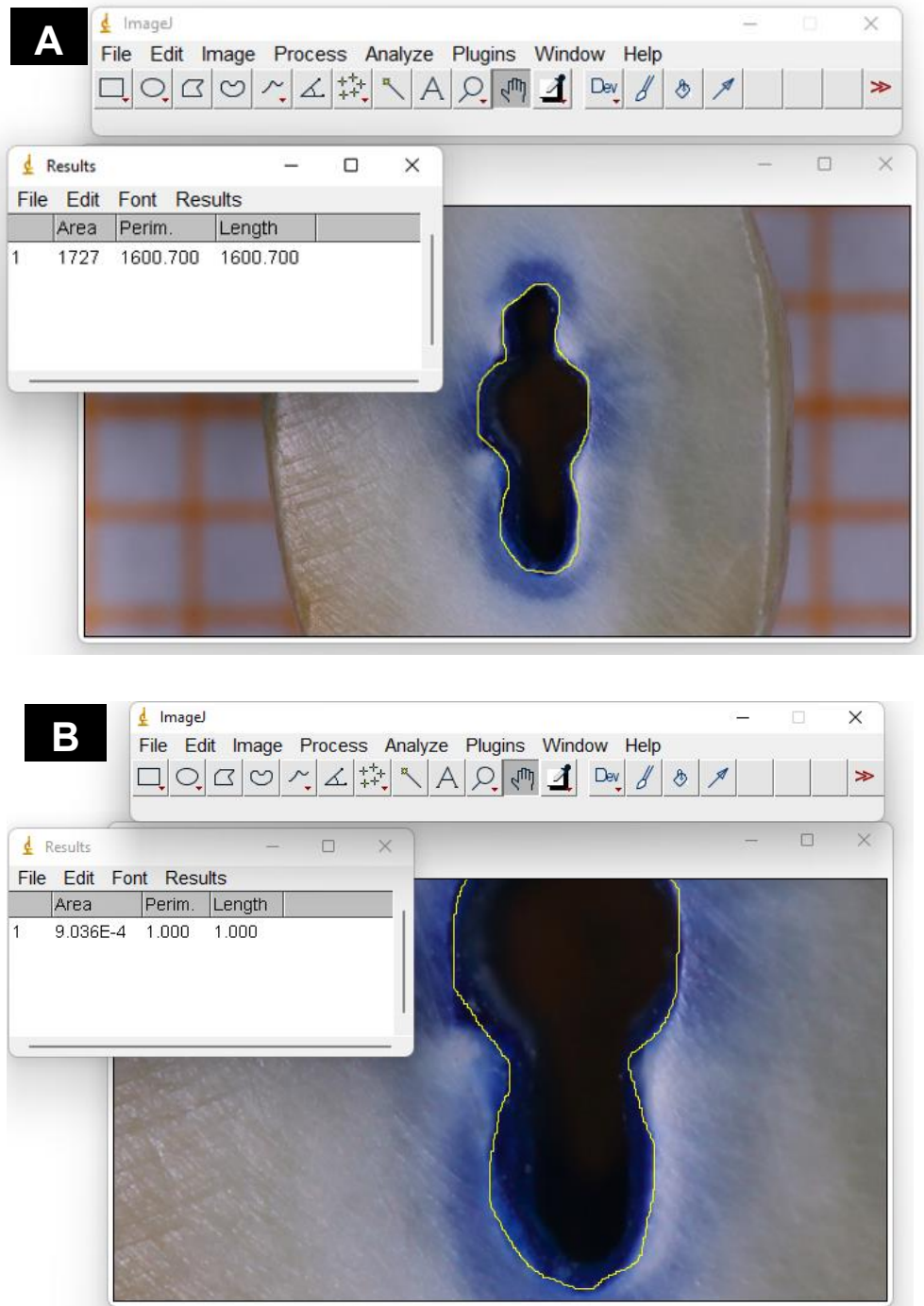


Figura 13. Evaluación del porcentaje de penetración.

Se obtiene el perímetro total del conducto radicular (A); Se obtiene la medición de cada zona mayormente teñida del perímetro del conducto radicular (B).

8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo empleando el Análisis de la Varianza (ANOVA) con pruebas no paramétricas utilizando pruebas de post hoc de Tukey y Bonferroni para comparaciones múltiples donde valor de ($p < 0.05$).

IX. RESULTADOS

9.1. Evaluación cuantitativa de efecto de penetración en los túbulos dentinarios.

El estudio comparativo realizado para evaluar el efecto de penetración en los túbulos dentinarios de cada agente irrigante mediante activación ultrasónica realizado en 30 órganos dentarios agrupados en tres grupos (n=10), los cuales fueron instrumentados y se llevó a cabo el protocolo de irrigación final mediante el uso de ultrasonido, una vez obteniendo las muestras se logró obtener las mediciones utilizando el software ImageJ las cuales se determinaron en mm de cada uno de los tercios de los órganos dentarios. Por lo tanto, se logró obtener dos diferentes mediciones tanto la profundidad de penetración como el porcentaje obteniendo el promedio de cada tercio de cada grupo como se observan en las figuras 13, 14 y 15. Para obtener el porcentaje fue necesaria utilizar la siguiente formula:

$$\text{PORCENTAJE DE PENETRACIÓN} = \frac{\text{SUMA TOTAL DE PENETRACIÓN}}{\text{PERÍMETRO TOTAL DEL CONDUCTO}} \times 100$$

En la figura 13 podemos observar imágenes capturadas de los tercios radiculares seccionados de cada grupo, así como el efecto de penetración que obtuvo cada uno de ellos.

En la figura 14 se muestra una gráfica y una tabla en la que se representa el promedio total obtenido de la profundidad de penetración donde se muestra que en tercio cervical NaOCl obtuvo una mayor penetración con 0.07 mm, en el tercio medio con 0.10 mm teniendo mayor penetración el grupo de NaOCl y en el tercio apical NaOCl y MTAD obtuvieron el mismo resultado de penetración que fue del 0.03 mm.

En la figura 15 se observa el promedio total del porcentaje obtenido de la penetración, representado en la gráfica donde las columnas son los grupos de agentes irrigantes y el parte horizontal los tercios radiculares. En ella podemos

observar que en el tercio cervical, medio y apical hubo mayor porcentaje de penetración en el grupo de NaOCl siendo el tercio medio donde mayormente penetro con un 82%.

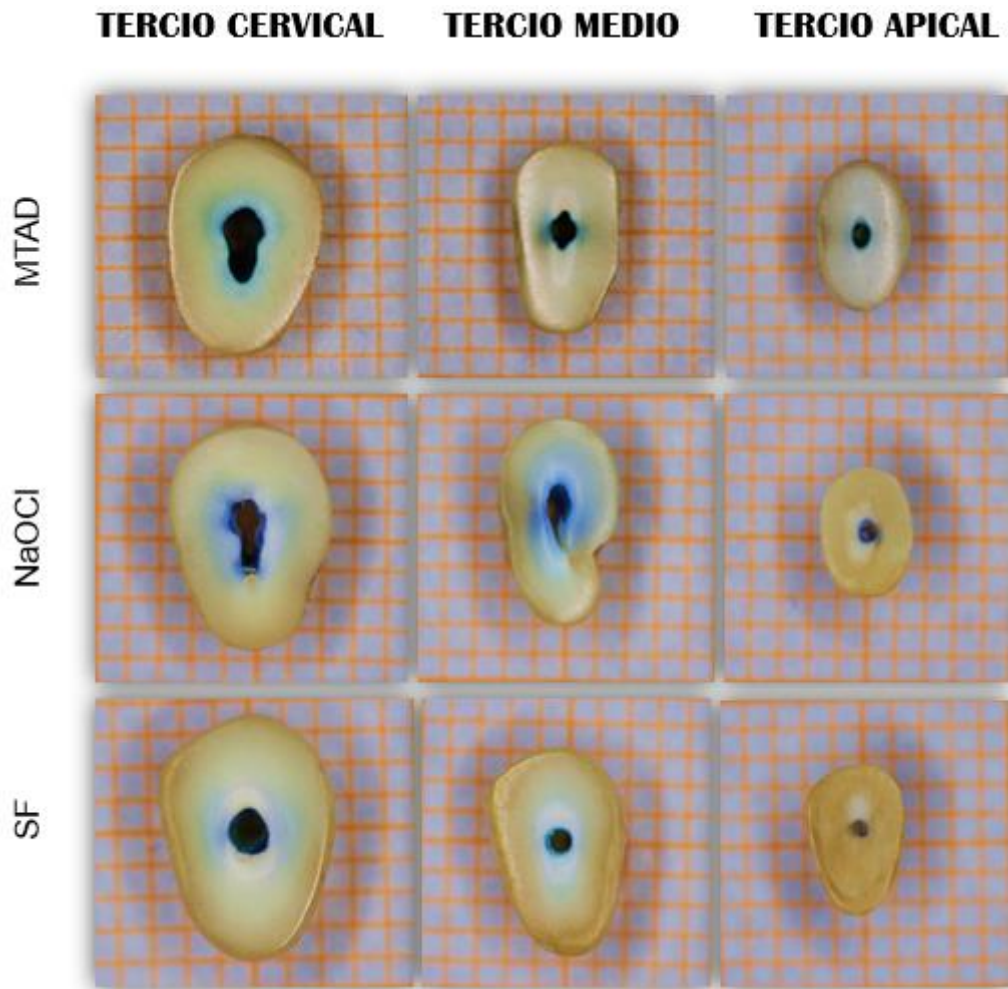


Figura 14. Tercios radiculares de cada grupo evaluado.

Se observa en la imagen los tres tercios radiculares de un espécimen de cada grupo.

9.1.1. Profundidad de penetración

Como resultado de la profundidad de penetración se puede observar en la gráfica 1 el promedio total de profundidad de penetración en cada tercio radicular de cada órgano dentario, donde se obtuvo una diferencia significativa entre el grupo de NaOCl y SF en el tercio medio y apical ($p < 0.05$). Por lo tanto, con base a los resultados obtenidos se confirma la hipótesis alternativa.

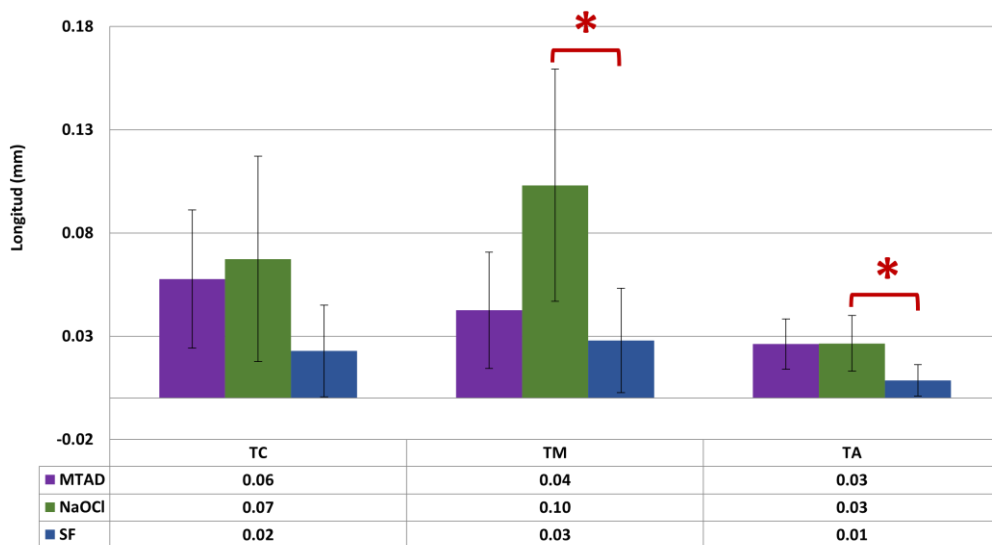


Figura 15 Profundidad de penetración.

Se puede observar en la figura una table donde se encuentra el promedio total de la profundidad de penetración obtenidas de cada tercio. En la gráfica las columnas representan el promedio de los resultados obtenidos, las barras verticales representan la desviación estándar. Los asteriscos representan donde hubo diferencia estadísticamente significativa tras las comparaciones ($p < 0.05$).

9.1.2. Porcentaje de penetración

Se obtuvo como resultado mayor porcentaje en el grupo de NaOCl en el tercio cervical con 31.7%, en el tercio medio y apical MTAD tuvo mayor porcentaje con 33.7% y 34.5%. Por lo tanto, existió diferencia estadísticamente significativa entre NaOCl y MTAD en tercio cervical, en el tercio medio hubo diferencia

estadísticamente significativa entre NaOCl, MTAD con SF y en el tercio apical NaOCl con SF ($p < 0.05$). Por lo anterior en base a los resultados obtenidos se comprueba la hipótesis alternativa.

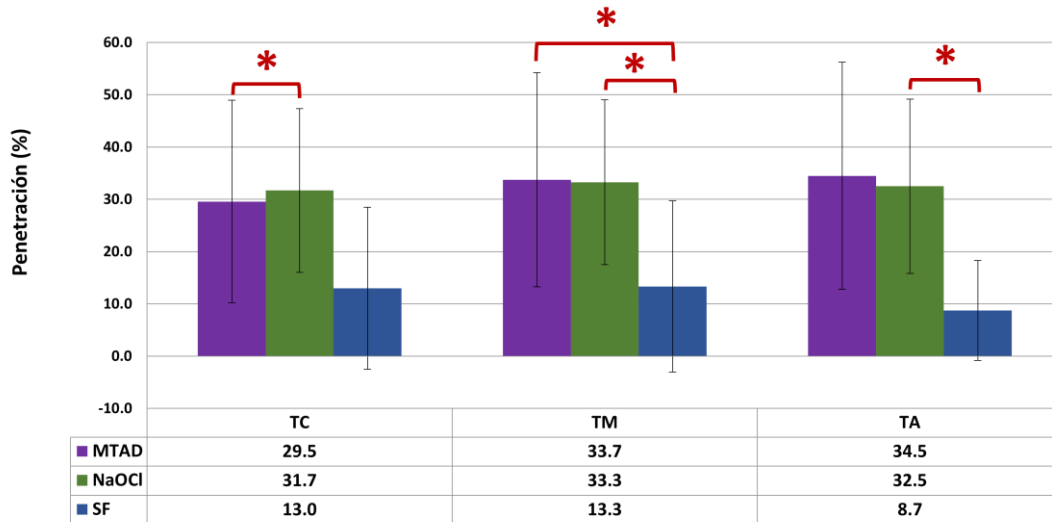


Figura 16. Porcentaje de penetración.

Se puede observar en la gráfica los porcentajes obtenidos de cada tercio radicular. Las columnas representan el porcentaje y las barras verticales representan la desviación estándar. Por otro lado, los asteriscos representan la diferencia estadísticamente significativa que hubo entre cada grupo ($p < 0.05$).

X. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio *in vitro* fue evaluar la penetración en los túbulos dentinarios del hipoclorito de sodio y Biopure MTAD bajo el sistema de activación ultrasónico NSK Varios 370 en los conductos de dientes unirradiculares extraídos recientemente, mediante la medición de la penetración del azul de metileno dentro de los túbulos dentinarios, que simula la penetración ejercida por cada uno de los agentes irrigantes. Se utilizó en cada una de las muestras un protocolo igual para evitar la mayor cantidad de sesgos.

El estudio demuestra que al activar los agentes irrigantes con ultrasonido mejora la capacidad de penetración en los túbulodentinarios y por lo tanto mejora la calidad y la desinfección del sistema de conductos radiculares (33).

Uno de los agentes irrigantes a evaluar fue Biopure MTAD el cual se ha estudiado como un agente irrigante contra el *E. faecalis*, en el estudio de Shabahang y cols., en el año 2003 demostraron la eficacia del MTAD contra el *E. faecalis* después de una exposición de 5 min. Por otro lado, el estudio de Mohammadi Shariari compararon la sustentividad antimicrobiana de Biopure MTAD, 2% de clorhexidina (CHX) y 2.6% de NaOCl en la dentina radicular humana infectada con *E. faecalis*, y concluyeron que la sustentividad de Biopure MTAD fue significativamente mayor que CHX y NaOCl (23,34).

Yasuda y cols. Investigaron el efecto de MTAD en la diferenciación de células similares a osteoblastos. Estos resultados sugieren que MTAD es un irrigante menos citotóxico y no afecta la diferenciación de osteoblastos en comparación con otros irrigantes intraradicales, tales como H₂O₂, NaOCl, ácido etilendiaminotetraacético y clorhexidina (24).

Han sido distintas las metodologías utilizadas para medir la penetración del hipoclorito de sodio en los túbulos 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 (35).

Zou y *cols.* 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 túbulos dentinarios, para su posterior corte vertical 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.* en el cual evaluaron diferentes concentraciones, ellos concluyeron que a mayor concentración se tenía mejor penetración (36).

El estudio de Galler y *cols.*, 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.* en el 2017, Akcay y *cols.* en el 2017 donde utilizaron fluorescencia y cortes transversales, pero ellos observaron la penetración mediante microscopía con focal. Virdee y *cols.* 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 (37–40).

Un punto importante que se empleó para intentar simular el manejo de irrigantes dentro del sistema de conductos radiculares y evitar la extrusión de los irrigantes, fue el hecho de sellar los túbulos 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.* en el 2019, Virdee y *cols.* en el 2020, Generali y *cols.* 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 túbulos 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 túbulos por la parte externa de la raíz (37,40,41).

La evaluación de la penetración de la longitud se determina midiendo los cuartiles de cada tercio radicular, midiendo desde la pared del conducto hasta el punto de penetración máxima en cada cuadrante de cada tercio radicular como lo realizaron en el estudio de Tuncer *y cols.*, en el año 2012 midiendo la profundidad de penetración del sellador desde la pared del conducto hasta el punto máximo de penetración de este. Por otro lado, para medir el porcentaje de penetración se realizó midiendo la circunferencia de la pared del conducto radicular con la herramienta de medición del software ImageJ, posteriormente las áreas a lo largo de las paredes del conducto en las que la tinción penetró en los túbulos dentinarios con cualquier distancia fueron delineadas y medidas. Por último, las distancias señaladas fueron divididas por la circunferencia del conducto para calcular el porcentaje de penetración de cada agente irrigante, como lo menciona en el estudio de Tuncer *y cols.*, donde compararon técnicas de activación sobre la penetración del sellador endodóntico en dientes humanos extraídos tomando las imágenes de las muestras seccionadas con el microscopio confocal de barrido láser a 5 de aumento (42).

XI. CONCLUSIONES

A través de este estudio comparativo realizado para evaluar la profundidad y porcentaje de penetración en los túbulos dentinarios de los agentes irrigantes Biopure MTAD y NaOCl utilizando activación ultrasónica, se puede llegar a la conclusión:

A la evaluación de la profundidad y porcentaje de penetración se comprobó que NaOCl tiene mayor capacidad de penetración en los túbulos dentinarios en comparación que el Biopure MTAD. ya que se encontró que existe una diferencia estadísticamente significativa comparándose con el grupo control al evaluar la profundidad de penetración, encontrando que en el tercio cervical se obtuvo mayor profundidad de penetración.

Por otro lado, al evaluar el porcentaje de penetración existió diferencia estadísticamente significativa entre el grupo de NaOCl y los grupos de MTAD y control.

Por lo tanto, en base a los estudios obtenidos se comprueba la hipótesis alternativa.

Por lo que a través de este trabajo de investigación y en base a los resultados obtenidos se llega a la conclusión que NaOCl tiene tener mayor capacidad de penetración en los túbulos dentinarios en la profundidad y en porcentaje.

XII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar este estudio con un mayor número de muestras para lograr que sea más reproducible.
- Se puede considerar emplear en estudios futuros utilizando en combinación con agentes quelantes para así valorar si hay una mejor penetración en los túbulos dentinarios.
- Por otra parte, es importante emplear otro método de medición más adecuado como el microscopio electrónico de barrido.
- Por otro lado, se puede realizar estudios futuros utilizando otro dispositivo de activación como por ejemplo un activador sónico.
- Se puede volver a realizar este estudio, pero evaluando otros órganos dentarios con anatomía más compleja como molares inferiores o superiores.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Goldberg ISF. Endodoncia, Técnica y Fundamentos-Soares&Golberg.pdf. 2002. p. 03–316.
2. Goleman, daniel; boyatzis, Richard; Mckee A, Perdana. Cohen Vías de la pulpa. *J Chem Inf Model*. 2018;53(9):1689–99.
3. Canalda C, Brau E. Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas. Elsevier. 2019. p. 388.
4. Ruddle C. Endodontic disinfection: Tsunami irrigation. *Saudi Endod J*. 2015;5(1):1–12.
5. Tong Z, Zhou L, Li J, Jiang W, Ma L, Ni L. In vitro evaluation of the antibacterial activities of MTAD in combination with nisin against enterococcus faecalis. *J Endod [Internet]*. 2011;37(8):1116–20. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.03.020>
6. Berhenholtz G. No Title. Berhenholtz G Endodoncia 2nd ed Editor El Man Mod Ed Mex. 2011;1–371 p.
7. Vieira AR, Siqueira JF, Ricucci D, Lopes WSP. Dentinal tubule infection as the cause of recurrent disease and late endodontic treatment failure: A case report. *J Endod*. 2012;38(2):250–4.
8. Jhahharia K, Mehta L, Parolia A SK. Biofilm in endodontics: A review. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2015;
9. Chandra, SS, Miglani, R., Srinivasan, MR e Indira R. Antifungal Efficacy of 5.25% Sodium Hypochlorite, 2% Chlorhexidine Gluconate, and 17% EDTA With and Without an Antifungal. *Journals Endod*.
10. Burlli, Cardoso, Santiago Todaro, Tomara Bornes, Melana Colavita. Irrigants used in temporary teeth and their cy- Irrigantes usados em dentes temporários e seu tototoxic impact on mouse fibroblasts. *Rev Fac Odontol*. 2019;Voi. XII N.

11. 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 Odontostomato I.* 2017;11(3):305–9.
12. Estrela C, Estrela CRA, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA PJ. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J.* 2002;13(2):113–7.
13. Zehnder M. Root Canal Irrigants. *J Endod.* 2006;Vol. 32:389–98.
14. Zaida Moya-de-Calderón 1, Alicia Huamán Morales 1 cvz. Antimicrobial activity of Silver Diamino fluoride and Silver Nitrate in cultures of *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus*.
15. Hipoclorito AL 70%.pdf.
16. Singla Mg Ga. MTAD in endodontics: an update review. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.*
17. Torabinejad M HR. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodon.* 2002;
18. Peters O Pc. Limpieza y Conformación de Conductos Radiculares. Cohen S, Haegreaves K *Vías la Pulpa* 9º ed. 2008;
19. Beltz R TM. Quantitative analysis of the solubilizing action of MTAD, sodium hypochlorite and EDTA on bovine pulp and dentin. *J Endod.* 2006;
20. Specialties DT. www.dentsplysirona.com. 2014;
21. Shabahang S TM. Effect of MTAD on *Enterococcus faecalis*. – Contaminated Root Canals of Extracted Human Teeth. *J Endod.* 2003;
22. Ghoddusi J Ra. An Evaluation of Microbial Leakage After Using MTAD as a Final Irrigation. *J Endod.* 2007;
23. Mohammadi Z SS. Residual antibacterial activity of chlorhexidine and MTAD in human root dentin in vitro. *J Oral Sci.* 2008;

24. Yasuda Y TY. Effect of MTAD on the Differentiation of Osteoblast-like Cells. *J Endod.* 2010;
25. Torabinejad M SS. Effect of MTAD on Postoperative Discomfort A Randomized Clinical Tria. *J Endodonntics.* 2005;
26. Torabinejad M SS. The antimicrobial effect of MTAD: An in vitro investigation. *Journals Endod.* 2003;
27. Imagen de oxígeno [Internet]. Available from: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/falta-de-oxigeno/>
28. BH S. Khedmat S, Comparison of the efficacy of three chelating agents in smear layer removal. *J Endodonntics.* 2009;
29. imagen EDTA.
30. Gu L sha, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH TF. Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. *J Endodonntics.* 2009;791–804.
31. Macedo RG, Verhaagen B, Rivas DF, Versluis M, Wesselink P VDSL. Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. *J Endodonntics.* 2014;
32. NSK-Nakanishi USA. Available from: <http://nskdental.com/>
33. Plotino G, Pameijer CH, Maria Grande N, Somma F. Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. *J Endod.* 2007;33(2):81–95.
34. Shabahang S, Torabinejad M. Effect of MTAD on Enterococcus faecalis-contaminated root canals of extracted human teeth. *J Endod.* 2003;29(9):576–9.
35. E B. Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. *J Endod.* 1997;
36. Zou L, Shen Y, Li W HM. Penetration of Sodium Hypochlorite into Dentin. *J Endod.* 2010;

37. 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*. 2019;
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 Cl. 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 S, Farnell D, Silva M, Camilleri J, Cooper P TP. The influence of irrigant activation, concentration and contact time on sodium hypochlorite penetration into root dentine: an ex vivo experiment. *Int Endod J*. 2020;
41. Generali L, Campolongo E, Consolo U, Bertoldi C, Giardino L CF. Sodium hypochlorite penetration into dentinal tubules after manual dynamic agitation and ultrasonic activation: a histochemical evaluation. *Odontology*. 2018;106(4):454–9.
42. Kara Tuncer A, Tuncer S. Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *J Endod* [Internet]. 2012;38(6):860–3. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2012.03.008>