



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD ENTRE
QUELANTES E IRRIGANTES, EN LA ELIMINACIÓN DE
MEDICACIÓN INTRACONDUCTO EN DIENTES
UNIRRADICULARES.

**TRABAJO TERMINAL ESCRITO DEL DIPLOMADO DE
ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A:

ELBA CAROLINA ORTIZ TIZCAREÑO

TUTOR: Esp. BRENDA IVONNE BARRÓN MARTÍNEZ

ASESOR: Esp. RICARDO ALFONSO ENRIQUE WILLIAMS
VERGARA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradezco a la UNAM por haberme dado la oportunidad de formar parte de ella, de ampliar mis conocimientos y desarrollar mis habilidades.

A mi tutora, la Especialista Brenda Barrón M. quien dedico su tiempo y esfuerzo a dirigir este trabajo. Su apoyo ha significado mucho para mí, toda mi admiración y agradecimiento para usted.

A mi asesor, el Especialista Ricardo Williams, quien nos facilito el equipo para realizar la investigación y estuvo apoyándonos en todo, esto no hubiera sido posible sin su participación.

A la Especialista Alejandra Rodríguez H. quien incansablemente estuvo a nuestro lado en todo el desarrollo del trabajo.

A mi maestro, el Doctor Raúl Luis García Aranda, quien con su ejemplo me inspiro a seguir estudiando Endodoncia.

A mis padres, Elba y Alejandro, quienes en todo momento estuvieron a mi lado y que siempre se han esforzado por darme la mejor educación.

A mis mejores amigos, Marilin, Aldair, Daniel, Aurora, Esmeralda y Omar por hacer de mis últimos 3 años de la carrera los mejores. Y con quienes, en su momento, hice el mejor equipo y logramos sobresalir siempre.

A Gabriel, por brindarme su amor, apoyo y comprensión cuando más lo necesite.

A toda mi familia, en quienes encontré el impulso necesario para convertirme en lo que soy.

Al gran equipo con el que realice el servicio social, jefecito Charlie, Serch y Karen quienes hicieron de esa etapa la mejor. Aprecio mucho su amistad y sepan que cuentan conmigo siempre.

A todos ustedes, les agradezco infinitamente su presencia en mi vida.

Dedico este trabajo a mis padres, Elba y Alejandro, gracias a ustedes he llegado hasta aquí, ustedes me han apoyado en todos los sentidos a lo largo de mi vida y me dieron la mejor educación que pudieron. Sepan que todos sus esfuerzos no han sido en vano.

A mis abuelos, Margarita, Eduardo, Delia y José. Me siento muy agradecida con la vida porque me acompañan en este momento. Su amor me inspira a ser lo mejor que puedo, en todo momento.

A mis primos, Roberto y Eduardo, por mostrarme el camino, por siempre motivarme a ser mejor y por darme las respuestas cuando me sentía perdida. Gracias por siempre estar dispuestos a ayudarme, gracias porque en ustedes jamás he encontrado una puerta cerrada.

A Gabriel, por ser el apoyo más grande en los momentos más difíciles, porque gracias a ti no me di, ni me daré por vencida.

A mis hermanitos, Gabriela, Olivia, Natalia, Valeria, por regalarme los mejores momentos de mi vida, hasta ahora. Las adoro.

A mis primitas las más pequeñas, Sofía y Paola, las quiero mucho, espero siempre ser un buen ejemplo para ustedes.

A mis tías, Paty, Nory y Ama. Por escucharme siempre, por su amor y su apoyo incondicional.

A mis tíos Leonardo, Gustavo y Gabriela, aunque estemos lejos siempre me brindan su apoyo.

ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN.	7
2. ANTECEDENTES.	9
2.1. Participación Microbiana en los Procesos Patológicos	9
 Pulpares y Periapicales.	
2.2. Medicación Intraconducto.	12
2.2.1. Hidróxido de Calcio.	12
 2.2.1.1. Tipos de Vehículos y su Importancia.	15
 2.2.1.1.1. Vehículos Acuosa.	18
 2.2.1.1.2. Vehículos Viscosa.	20
 2.2.1.1.3. Vehículos Oleosa.	22
 2.2.1.2. Inhibición del Crecimiento Bacteriano.	25
 2.2.1.3. Protocolo Clínico.	26
 2.2.1.4. Otras Medicaciones Intraconducto.	27
2.3. Irrigación en Endodoncia.	30
 2.3.1. Irrigante.	32
 2.3.2. Soluciones Antimicrobianas.	33
 2.3.2.1. Hipoclorito de Sodio.	33
 2.3.2.1.1. Modo de Acción.	34
 2.3.2.1.2. Temperatura.	35
 2.3.2.1.3. Concentración.	35
 2.3.2.1.4. Tiempo.	35
 2.3.2.2. Clorhexidina.	36
 2.3.2.2.1. Modo de Acción.	36
 2.3.2.2.2. Interacción Clorhexidina, NaOCl y EDTA.	37
 2.3.2.3. Peróxido De Hidrógeno.	37

2.3.3. Barrillo Dentinario.	38
2.3.4. Agentes Quelantes y Desmineralizantes.	39
2.3.4.1. Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA).	39
2.3.4.1.1. Interacción EDTA y NaOCl.	40
2.3.4.2. Ácido Cítrico.	41
2.3.4.2.1. Interacción Ácido Cítrico y NaOCl.	42
2.3.4.3. HEBP.	43
2.4. Técnicas de Irrigación.	44
2.4.1. Administración con Jeringa.	44
2.4.2. Irrigación Activada Manualmente.	45
2.4.3. Irrigación Activada Sónicamente.	45
2.4.4. Irrigación Ultrasónica Pasiva.	46
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	48
4. JUSTIFICACIÓN.	49
5. HIPÓTESIS.	50
6. OBJETIVOS.	51
6.1. GENERAL.	51
6.2. ESPECÍFICOS.	51
7. MATERIALES Y MÉTODOS.	52
7.1. TIPO DE ESTUDIO.	52
7.2. MUESTRA.	52
7.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN.	52
7.4. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.	52
7.5. VARIABLES DE ESTUDIO.	53
7.6. PROCEDIMIENTO.	55

7.6.1. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.	55
7.6.2. COLOCACIÓN DE HIDRÓXIDO DE CALCIO.	57
7.6.3. ASIGNACIÓN ALEATORIA DE LOS ESPECÍMENES A LOS GRUPOS DE ESTUDIO.	60
8. PLAN DE ANÁLISIS.	62
9. RESULTADOS.	63
10. DISCUSIÓN.	65
11. CONCLUSIONES.	68
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	69
13. ANEXOS.	73
Anexo 1. Tabla de Residuos.	73
Anexo 2. Estudio Estadístico.	77

1. INTRODUCCIÓN.

Está bien establecido que las bacterias y sus productos desempeñan un papel fundamental en la iniciación y la perpetuación de la patología pulpo-periapical. La eliminación de todas las bacterias del conducto radicular normalmente se logra mediante instrumentación mecánica junto con diversas soluciones de irrigación y agentes antibacterianos. Entre estos agentes, el hidróxido de calcio es altamente recomendado y ampliamente aceptado como una medicación intraconducto ya que demuestra una actividad antibacteriana pronunciada contra la mayoría de las especies bacterianas identificadas en las infecciones endodónticas. La eficacia antibacteriana del hidróxido de calcio puede depender del vehículo utilizado y esto a su vez dependerá de la situación clínica y de cuánto tiempo se requiera dejarlo dentro del conducto.

Sin embargo, el hidróxido de calcio tiene ciertas limitaciones, como lo son que su uso es problemático, ya que la manipulación y la colocación dentro del conducto representan un reto para el profesional, además de que su eliminación siempre es incompleta, con lo que deja residuos que cubren del 20-45% de las superficies de la pared. Estudios in vitro han demostrado que estos residuos pueden obstaculizar la penetración de selladores en los túbulos dentinarios, obstaculizar la adhesión del sellador de resina a la dentina, aumentar notablemente la microfiltración apical e interactuar con los selladores de óxido de zinc y eugenol y hacerlos quebradizos y granulares. Por lo tanto, la eliminación completa del hidróxido de calcio del conducto radicular antes de la obturación se vuelve obligatoria.

La eliminación del hidróxido de calcio antes de la obturación final se realiza rutinariamente con hipoclorito de sodio o solución salina e instrumentación en un movimiento de escariado con un una lima de bajo calibre, o con la lima maestra. Aunque, la efectividad de estos procedimientos no ha sido completamente documentada. Los resultados preliminares sobre la eficiencia de remoción de

hidróxido de calcio de las paredes del conducto radicular combinando limado con hipoclorito de sodio y EDTA al 15% demostraron una eficiencia de remoción significativamente mayor.

El objetivo de este estudio in vitro fue evaluar la eficacia de dos quelantes de calcio, solución de EDTA al 17% y ácido cítrico al 25%, y la asociación de dos irrigantes (hipoclorito al 5.25% + peróxido de hidrógeno 3%); utilizando dos técnicas: agitación ultrasónica e instrumentación con lima apical final, en la eliminación de pasta de hidróxido de calcio con propilenglicol, colocada como un medicamento intraconducto.

2. ANTECEDENTES.

2.1. Participación Microbiana en los Procesos Patológicos Pulpares y Periapicales.

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 sus repercusiones sobre los tejidos que rodean el diente.¹

La pulpa se forma por tejido conjuntivo indiferenciado, de origen mesenquimatoso, altamente vascularizado, innervado y rico en células inmunológicamente competentes. Se encuentra limitada por paredes de dentina, esmalte y cemento, esto garantiza su aislamiento del ambiente séptico de la cavidad oral, pero, concomitantemente, hace que ella se constituya en una estructura debilitada ante los agresores de naturaleza biológica, química y física. La pulpa reacciona a través de una reacción inflamatoria que puede ser aguda o crónica.²

Los microorganismos son los principales y los más importantes agentes patogénicos a nivel de la cavidad pulpar y el periápice. Éstos últimos, en condiciones normales, son áreas del huésped que se encuentran estériles bajo el aspecto microbiológico, por lo que la presencia de microorganismos sugerirá enfermedad de estos tejidos² (Fig. 1)².



Fig 1. Presencia de microorganismos dentro del conducto radicular principal. La micrografía electrónica de superficie de un conducto radicular, muestra una capa de microorganismos con forma de bacilos (x 3.000).

Para lograr la colonización de los conductos radiculares, los microorganismos utilizan las siguientes vías de acceso: ^{2,3}

1.- Túbulo dentinarios: a partir de la expansión de la lesión cariosa, los microorganismos pueden utilizar esta vía para llegar a la pulpa; es la vía más comúnmente utilizada, siendo la lesión cariosa la fuente más frecuente de infección. Esta invasión solamente ocurre cuando el grosor de la dentina alcance como máximo 0.2mm entre el límite carioso y pulpar, y que es garantizada gradualmente por el proceso de división celular, favorecida, a veces por la masticación, (Fig. 2)².



Fig 2. Infección de los túbulo dentinarios por *Enterococcus faecalis*.

2.- Cavidad abierta: la exposición pulpar directa, ya sea por traumatismo y consecuente fractura coronaria o causada por procedimientos operatorios, habla de que no existe una barrera física que aisle la pulpa del ambiente séptico de la cavidad oral. Por lo cual los microorganismos van a tener un contacto directo con ella, (Fig. 3)¹.



Fig 3. Comunicación pulpar directa.

3.- Membrana periodontal: A través de esta, los microorganismos del surco gingival pueden alcanzar la cámara pulpar, utilizando un conducto lateral o el foramen apical mismo. Esta vía puede ser alcanzada a partir de la migración de la inserción epitelial durante el establecimiento de una bolsa periodontal. Cabe mencionar que la capacidad de locomoción de ciertos microorganismos periodonto patogénicos les

garantiza las condiciones ecológicas para llegar hasta la pulpa y, eventualmente colonizarla.

4.- Extensión: en este caso los microorganismos a partir de dientes infectados, y en consecuencia de contigüidad con el tejido, llegarían hasta los conductos principal y/o lateral, y se localizarían en la pulpa de dientes sanos; en esta posibilidad, el depósito microbiano está representado por la infección periapical de un diente adyacente.

Sea cual sea la vía de acceso de los microorganismos al conducto radicular, la necrosis del tejido de la pulpa es un requisito previo para el establecimiento de las infecciones endodónticas primarias.²

Si la pulpa es vital, se puede proteger a si misma frente a la invasión y colonización microbiana. Pero la pulpa se infecta con facilidad si se necrosa debido a caries, un traumatismo, procedimientos quirúrgicos o enfermedad periodontal, ya que las defensas del huésped no funcionan en el tejido de una pulpa necrosada y las que actúan en los tejidos perirradiculares no llegan a entrar en la zona profunda del espacio del conducto radicular.²

Otra situación en la que el sistema de conductos carece de defensas, tiene que ver en los casos en los que se haya realizado la pulpectomía. La penetración de microorganismos en el conducto se produce durante el tratamiento, entre citas, incluso después de haber obturado el conducto. Las causas principales de la introducción de los microorganismos en el conducto durante el tratamiento son la presencia de restos de biopelícula, cálculos o caries en la corona del diente, filtraciones de los diques de hule, la contaminación de los instrumentos utilizados en el tratamiento o de las soluciones de irrigación que se utilicen dentro del conducto. Los microorganismos también pueden entrar en el conducto radicular entre las citas, por las fugas que se pueden producir a través del material de restauración temporal,

por la degradación, fractura o pérdida del mismo e incluso por la fractura de la estructura del diente o bien por un retraso en la colocación de restauraciones permanentes.²

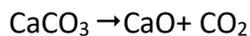
2.2. Medicación Intraconducto.

Cuando el tratamiento no puede completarse en una cita, las bacterias intraconducto sobrevivientes proliferan a menudo entre citas. Por tanto, para reducir el crecimiento bacteriano, facilitar una desinfección continua y crear una barrera física puede ser útil aplicar medicación intraconducto.⁴

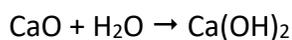
2.2.1. Hidróxido de Calcio.

El hidróxido de calcio puro fue introducido en odontología por Hermann en 1920, con el objetivo de encontrar “un producto para el tratamiento biológico de la pulpa dentaria y para la obturación de los conductos radiculares con los beneficios de un antiséptico fuerte sin los inconvenientes del mismo”.⁴

El hidróxido de calcio se forma a partir de la piedra caliza, es una roca natural compuesta principalmente de carbonato de calcio (CaCO₃) que se forma cuando la solución de carbonato de calcio existente en las montañas y el agua de mar se cristaliza. La combustión de piedra caliza entre 900 y 1200 °C provoca la siguiente reacción química:⁵



El óxido de calcio (CaO) formado se llama "cal viva" y tiene una fuerte capacidad corrosiva. Cuando el óxido de calcio entra en contacto con el agua, se produce la siguiente reacción:⁵



El hidróxido de calcio es un polvo blanco inodoro con la fórmula $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y un peso molecular de 74.08. Este se constituye una base fuerte (pH 12.6) poco soluble en agua- 1.2g/L, que disminuye a medida que aumenta la temperatura; es insoluble en alcohol. Su baja solubilidad es, a su vez, una buena característica clínica porque es necesario un período prolongado antes de que se vuelva soluble en los fluidos tisulares cuando esté en contacto directo con los tejidos vitales. El material se clasifica químicamente como una base sólida. Un análisis químico de la liberación iónica OH^- del hidróxido de calcio permite determinar los porcentajes de iones de Ca^{2+} y OH^- que se liberan: ^{3,5}



$$1 \text{ } ^n\text{Ca}^{2+} = 40.08$$

$$1 \text{ } ^n\text{OH}^- = 17.0 \Rightarrow 2^n \text{ OH}^- = 34$$

$$1 \text{ } ^n\text{Ca}(\text{OH})_2 = 40.08 + 34 = 74.08$$

(Peso molecular)

A modo de cálculo matemático simple, es fácil obtener el porcentaje de iones OH^- y Ca^{2+} en la sustancia: ⁽⁵⁾

$$\left. \begin{array}{l} 74.08 \rightarrow 100\% \\ \\ 34 \rightarrow X\% \end{array} \right\} \begin{array}{l} \\ \\ X=45.89\% \rightarrow 2\text{OH}^- = 45.89\% \end{array}$$

$$\text{Ca}^{2+} = 100\% - 2\text{OH}^- \rightarrow 100\% - 45.89\%$$

$$\text{Ca}^{2+} = 54.11\%$$

Las propiedades del hidróxido de calcio derivan de su disociación iónica en iones de calcio e iones de hidroxilo, siendo que el efecto de esos iones sobre los tejidos y las bacterias explica sus propiedades biológicas y antimicrobianas. Las alteraciones en las propiedades biológicas también pueden ser aclaradas por las reacciones químicas demostradas, una vez que el hidróxido de calcio en presencia de dióxido de carbono se transforma en carbonato de calcio, presentando características químicas de un oxido ácido débil. Este producto formado está desprovisto de las propiedades ideales, una vez que en este momento se constituyó otro producto: carbonato de calcio). Este altera el proceso de mineralización por el consumo total de los iones de calcio. Además, el carbonato de calcio no tiene propiedades biológicas ni antibacterianas.^{3,5}

Cuando el polvo de hidróxido de calcio se mezcla con un vehículo adecuado, se forma una pasta, estas pastas deben tener las siguientes características:⁵

- Compuesto principalmente de hidróxido de calcio que puede usarse en asociación con otras sustancias para mejorar algunas de las propiedades fisicoquímicas, como la radiopacidad, el flujo y la consistencia.
- No fragua.
- Puede volverse soluble o reabsorberse dentro de los tejidos vitales ya sea lenta o rápidamente dependiendo del vehículo y otros componentes.
- Puede prepararse para su uso en el consultorio o disponible como pasta patentada.
- Dentro del sistema de conductos radiculares se usan solo como un apósito temporal y no como un material de relleno definitivo.

El método más fácil para preparar una pasta de hidróxido de calcio es mezclar el polvo de hidróxido de calcio con agua hasta lograr la consistencia deseada. Sin embargo, una pasta preparada con agua u otro vehículo hidrosoluble no viscoso no tiene buenas propiedades fisicoquímicas, porque no es radiopaca, es permeable a

los fluidos tisulares y se vuelve soluble y reabsorbible desde el área periapical y desde dentro el conducto radicular. Por estas y las siguientes razones, se recomendó la adición de otras sustancias a la pasta: ⁵

- Para mantener la consistencia del material que no se endurece.
- Para mejorar el flujo.
- Para mantener el alto pH del hidróxido de calcio.
- Para mejorar la radiopacidad.
- Para facilitar el uso clínico.
- No alterar las excelentes propiedades biológicas del hidróxido de calcio en sí.

En esencia, una pasta de hidróxido de calcio para uso en endodoncia está compuesta de polvo, un vehículo y un radiopacador. Se pueden agregar otras sustancias para mejorar las propiedades fisicoquímicas o la acción antibacteriana. ⁵

2.2.1.1. Tipos de Vehículos y su Importancia.

El vehículo juega un papel muy importante porque determina la velocidad de disociación iónica que hace que la pasta se solubilice y se reabsorba a diferentes velocidades por los tejidos periapicales y desde dentro del conducto radicular. Según Fava (1991), el vehículo ideal debe: ⁵

- Permitir una liberación iónica gradual y lenta de Ca^{2+} y OH^{-} .
- Permitir una difusión lenta en los tejidos con baja solubilidad en los fluidos tisulares.
- No tener ningún efecto adverso sobre la inducción de deposición de tejido duro.

Algunos estudios in vitro han demostrado que el tipo de vehículo tiene una relación directa con la concentración y la velocidad de la liberación iónica, así como con la acción antibacteriana cuando la pasta se lleva a un área contaminada.⁵

Las diferencias en la velocidad de disociación iónica están relacionadas directamente con el vehículo empleado para obtener la pasta. Además, es importante considerar que la viscosidad es una medida de la fricción interna de un fluido. Por lo tanto, si una solución fluye fácilmente, tiene una baja viscosidad y las interacciones entre las partículas son muy pequeñas. Como la pasta se considera químicamente como un coloide (un sólido dispersado en un líquido), este líquido (vehículo) puede facilitar o inhibir la dispersión iónica de la pasta; cuanto menor es la viscosidad, mayor será la disociación iónica.^{3,5}

En general, se usan tres tipos de vehículos: acuosos, viscosos y oleosos. El primer grupo está representado por sustancias solubles en agua, que incluyen: agua, solución salina, anestésicos dentales con o sin un vasoconstrictor, solución de Ringer, suspensión acuosa de metilcelulosa o carboximetilcelulosa y solución de detergente aniónico.^{5,6}

Vehículos acuosos: los iones hidroxilo y calcio se liberan rápidamente. Este tipo de vehículo promueve un alto grado de solubilidad cuando la pasta permanece en contacto directo con el tejido y los fluidos tisulares, lo que hace que los macrófagos lo solubilicen y reabsorban rápidamente. El conducto radicular puede quedar vacío en un corto período de tiempo, retrasando el proceso de curación. Desde un punto de vista clínico, esto significa que el conducto radicular debe corregirse varias veces hasta que se logre el efecto deseado, aumentando así el número de citas.^{5,6}

Vehículos viscosos: también son sustancias solubles en agua que liberan iones calcio e hidroxilo más lentamente durante períodos prolongados. Promueven una menor solubilidad de la pasta en comparación con los vehículos acuosos, probablemente

debido a su alto peso molecular. Según Silva (1988), el alto peso molecular de estos vehículos minimiza la dispersión de hidróxido de calcio en el tejido y mantiene la pasta en el área deseada durante intervalos más largos; este factor prolonga la acción de la pasta, y los iones hidroxilo y calcio se emitirán a una velocidad más baja. Es a través de este mecanismo que estas pastas permanecen en contacto directo con los tejidos vitales durante intervalos de tiempo extendidos. Como un vehículo viscoso que contiene pasta puede permanecer dentro del conducto radicular durante un intervalo de 2 ± 4 meses, la cantidad de citas y reacondicionamientos del conducto radicular se reduce drásticamente. Algunos ejemplos de vehículos viscosos son glicerina, polietilenglicol y propilenglicol.^{5,6}

Vehículos oleosos: son sustancias no solubles en agua que promueven la menor solubilidad y difusión de la pasta dentro de los tejidos. Las pastas que contienen este tipo de vehículo pueden permanecer dentro del conducto radicular durante más tiempo que las pastas que contienen vehículos acuosos o viscosos. Algunos ejemplos de vehículos oleosos son aceite de oliva, aceite de silicona, alcanfor (el aceite esencial de paraclorofenol alcanforado), metacresilacetato y algunos ácidos grasos como ácido oleico, linoleico e isoesteárico. Estos se utilizan para retardar aún más la liberación iónica y permitir esta acción en el interior de los conductos radiculares durante periodos prolongados de tiempo sin necesidad de renovar la medicación.^{5,6}

Resumiendo, las situaciones clínicas que requieren una liberación iónica rápida al comienzo del tratamiento requieren una pasta acuosa de hidróxido de calcio que contiene un vehículo, mientras que en situaciones clínicas que requieren una liberación iónica gradual y uniforme, se debe usar una pasta que contenga un vehículo viscoso. Las pastas que contienen vehículos oleosos tienen un uso restringido y solo se emplean en aquellas situaciones clínicas que requieren una disociación iónica muy lenta. Por lo tanto, el vehículo utilizado con hidróxido de

calcio representa un componente muy importante de estas pastas, y por esta razón la clasificación de estas pastas se ha realizado de acuerdo con el tipo de vehículo. ⁵

2.2.1.1.1. Vehículos Acuoso.

Agua. El método más fácil para preparar una pasta de hidróxido de calcio es mezclar el polvo con agua. Sin embargo, la literatura describe diferentes tipos de agua con los cuales preparar la pasta, incluyendo agua estéril, agua destilada y agua bidestilada. Por lo general, esta pasta se prepara en una loseta de vidrio estéril con una espátula estéril. El polvo se mezcla con el líquido hasta que se consiga la consistencia deseada. La pasta se lleva al conducto radicular por cualquier método disponible. Esta pasta ha sido indicada para cubrir el tejido de la pulpa vital después de la pulpotomía, como un apósito a largo plazo en casos de dientes no vitales con lesiones periapicales grandes asociadas y en procedimientos de apexificación. Para mejorar la radiopacidad de la pasta, algunos autores sugieren agregar sulfato de bario (una parte) al polvo de hidróxido de calcio (ocho partes) antes de la preparación de la pasta.⁵

Agua destilada: Esta pasta se evaluó para el recubrimiento directo de pulpa humana, en procedimientos de apexificación, en estudios en animales y para la difusión de calcio dentro de los conductos dentinarios. ⁵

Agua bidestilada. Este vehículo fue recomendado por Breillat et al. (1983) para apexogénesis y procedimientos de apexificación. ⁵

Solución salina. Las siguientes características se evaluaron cuando la solución salina fue el vehículo de una pasta de hidróxido de calcio: pH, disociación iónica, acción disolvente de los tejidos, efecto antibacteriano, microfiltración apical y algunos métodos para eliminar la pasta del conducto radicular. Cuando esta pasta se implantó en tejidos vitales, las reacciones fueron evaluadas en estudios con animales, la pasta se evaluó en el recubrimiento directo de pulpa, en la apexificación

de dientes de perro y mono inmaduros no vitales y para detener la reabsorción inflamatoria en dientes de perro replantados. Clínicamente, se evaluó en dientes humanos inmaduros no vitales, en perforaciones, en la reabsorción interna en el sitio de una fractura de la raíz intraalveolar, en la reabsorción externa de la raíz, en dientes luxados no vitales, como un apósito temporal en dientes infectados, en dientes infectados con periodontitis aguda o crónica asociada, en dientes infectados no vitales con tracto sinusal asociado, en retratamiento endodóntico después de fracasos endodónticos y quirúrgicos. Se propuso una nueva formulación, añadiendo α -fosfato tricálcico al hidróxido de calcio en polvo y solución salina como apósito después de la pulpotomía. Sazak et al. (1996) han sugerido agregar soluciones anestésicas a una pasta de solución salina de hidróxido de calcio que se utilizará después de la pulpotomía con el fin de reducir el dolor y la inflamación postoperatorios.⁵

Las soluciones anestésicas, con o sin un vasoconstrictor. Se han usado como el vehículo de la pasta debido a que estas soluciones están fácilmente disponibles, son estériles y fáciles de manejar. Es interesante observar que la mayoría de estas soluciones tienen un pH ácido, pero cuando se mezclan con el polvo de hidróxido de calcio, la pasta final tiene un pH alto que se mantiene con el tiempo. Además, promueven una liberación iónica rápida. Como la pasta final carece de radiopacidad, algunos autores agregan sulfato de bario (una parte) al polvo de hidróxido de calcio (cuatro partes).⁵

La solución de Ringer. Esta solución tiene cloruro de sodio (8.6 g), cloruro de potasio (0.3 g), cloruro de calcio (0.33 g) y agua (hasta 1000 ml). Históricamente, fue Granath (1959) el primero en describir el uso de tal pasta en casos de lesiones traumáticas. Se ha utilizado ampliamente en el tratamiento de secuelas postraumáticas como la luxación y la reimplantación (Cvek 1973, 1989).⁵

Metilcelulosa y carboximetilcelulosa. Históricamente, la metilcelulosa fue el vehículo de una pasta ampliamente utilizada en los procedimientos de apexificación. En el recubrimiento indirecta de pulpa fue recomendado por Massler et al. (1957) y Krakow et al. (1974). Laurichesse (1980) propuso la siguiente modificación de la fórmula original: hidróxido de calcio y yodoformo en una relación 2/3: 1/3, dos gotas de paraclorofenol alcanforado y una solución acuosa al 3% de metilcelulosa como vehículo. ⁵

Giro et al. (1993) propusieron el uso de carboximetilcelulosa, como el vehículo en la siguiente fórmula: 0,5 g de hidróxido de calcio a 0,5 ml de una solución al 1,66% de carboximetilcelulosa; en otra formulación sugerida, se añadieron 0,25 g de óxido de zinc para la radiopacidad. ⁵

Solución de detergente aniónico. Es bien sabido que los detergentes disminuyen la tensión superficial entre dos superficies y facilitan la penetración de sustancias. Esta es quizás la razón por la cual el polvo de hidróxido de calcio se ha mezclado con una solución acuosa de detergente para aumentar la acción del hidróxido de calcio en los tejidos. ⁵

Desafortunadamente, solo dos estudios han aparecido en la literatura sobre estas sustancias. ⁵

2.2.1.1.2. Vehículos Viscosos.

Glicerina. La glicerina es un líquido transparente viscoso e incoloro con un olor característico, de sabor dulce e higroscópico. Se puede mezclar con agua, acetona, alcohol y otros glicoles en cualquier proporción, pero es insoluble en cloroformo, éter, benceno y aceites volátiles. Debido a sus propiedades higroscópicas, la glicerina es muy útil como sustancia humectante y, como es soluble en agua, se elimina fácilmente. ⁵

Esta pasta se emplea para el cierre del extremo de la raíz de dientes inmaduros no vitales. La pasta se obtiene mezclando hidróxido de calcio con glicerina y ha sido evaluado por su efecto antibacteriano por Siqueira y Uzeda (1997).⁵

Se puede agregar un radiopacificador, como yodoformo o sulfato de bario en una proporción 1: 8 con el polvo de hidróxido de calcio. La adición de óxido de zinc o yodoformo para mejorar la radiopacidad de la pasta, no interfirió con la acción antibacteriana. Dichos radiopacificadores se pueden agregar a la pasta en una relación 1: 3 o 1: 6 con hidróxido de calcio en polvo. Esta pasta se ha utilizado en casos de abscesos crónicos con fístulas extraorales, abscesos agudos o lesiones periapicales crónicas, reabsorción interna con o sin perforación de la raíz y para reparar una raíz fracturada incluso con un sitio asociado de resorción interna.⁵

Polietilenglicol. Es un líquido viscoso e incoloro con un olor característico y es ligeramente higroscópico. Es miscible en cualquier proporción con agua, acetona, alcohol y otros glicoles, pero es insoluble en éter y benceno. Es un polímero de etilenglicol y agua. Su pH oscila entre 4.5 y 7.5. Una pasta compuesta de hidróxido de calcio (70%), yodoformo (30%) y polietilenglicol como el vehículo, fue empleado por Bellacosa et al. (1993) en un caso clínico de resorción externa / interna, mientras que Santos (1996) sugirió una pasta compuesta únicamente de polvo y polietilenglicol 400 para el uso en el tratamiento de la resorción cervical externa después del blanqueamiento de dientes sin pulpa.⁵

Pinto y Lessi (1984) y Lessi y Alvares (1988) sugirieron mezclar el polvo de hidróxido de calcio, con una consistencia cremosa, con yodoformo (30%) y polietilenglicol (70%). Se ha sugerido otra fórmula (Zelante et al., 1992): hidróxido de calcio (3 g), óxido de zinc (3 g) o yodoformo (1,5 g) y polietilenglicol (3,5 ml). Ulysea y col. (1992) sugirieron usar sulfato de bario como el radiopacificador en una proporción de 1: 4 con el polvo de hidróxido de calcio.⁵

Propilenglicol. Es un líquido transparente, incoloro e inodoro con un sabor ligeramente característico parecido al de la glicerina. Químicamente, es un alcohol dihidrico con una consistencia almibarada, de naturaleza higroscópica y no tóxico, que se puede mezclar con agua, acetona y alcohol en cualquier proporción. Se emplea ampliamente como un vehículo útil para preparaciones farmacéuticas tales como antihistamínicos, barbitúricos, paracetamol y aquellos usados para administración parenteral. Bhat y Walkevar (1975) demostraron una fuerte acción antibacteriana del propilenglicol contra los microorganismos comunes encontrados en los conductos raquídeos infectados y sugirieron su aplicación más amplia en endodoncia como un vehículo suave para los medicamentos intraconducto. Su naturaleza higroscópica permite la absorción de agua, lo que garantiza una buena liberación sostenida de hidróxido de calcio durante largos períodos de tiempo. Otra ventaja de esta sustancia es su consistencia, que mejora las cualidades de manejo de la pasta. Simón et al. (1995) recomiendan propilenglicol como el mejor vehículo en la preparación de pastas de hidróxido de calcio.⁵

Laws (1962) sugirió el uso de 10 g de hidróxido de calcio en polvo con 7.5 mL de propilenglicol y luego sugirió la siguiente formulación: hidróxido de calcio (cuatro partes), sulfato de bario (una parte) para dar radiopacidad. Holland (1994) sugirió usar una formulación simplificada de hidróxido de calcio, yodoformo y propilenglicol, como lo hicieron Soares et al. (1996) pero reemplazando el yodoformo por óxido de zinc para mejorar la radiopacidad.⁵

2.2.1.1.3. Vehículos Oleosos.

Aceite de oliva. El aceite de oliva purificado es un líquido de color ligeramente verde con un olor característico, que no es soluble en agua pero es bastante soluble en alcohol. Químicamente está compuesto de ésteres de ácidos grasos tales como ácido oleico, linoleico, palmitoleico, esteárico y linoleico. Debe mantenerse en un matraz de color ámbar. Promueve la baja solubilidad del hidróxido de calcio pero

mejora sus propiedades físicas. Debido a la baja solubilidad, la pasta tiene una baja difusión dentro de los tejidos. ⁵

Ácidos grasos. Matsumoto et al. (1989) introdujeron dos formulaciones llamadas New B y New B-2 con una relación polvo: líquido de 1.2 g/ mL. La primera formulación tiene hidróxido de calcio en polvo (100%) y aceite de oliva como vehículo (100%). El nuevo B-2 estaba compuesto de hidróxido de calcio (65%), carbonato de bismuto (15%), resina y óxido de zinc (20%), mientras que el vehículo líquido estaba compuesto de ácidos grasos (85%) y glicol (15%). ⁵

Paramonoclorofenol alcanforado .Fue introducido por Walkhoff en 1891. Comprende de 33 a 37% de paramonoclorofenol y de 63 a 67% de alcanfor. El paraclorofenol tiene un olor fenólico característico y se presenta en forma de cristal. El alcanfor es una cetona obtenida de *Cinnamomum camphora* o sintéticamente en el laboratorio; tiene un olor característico y penetrante, un sabor amargo y baja solubilidad en agua. La acción desinfectante pronunciada del paramonoclorofenol depende de la liberación del cloro en presencia de fenol.⁵

Cuando el paramonoclorofenol alcanforado es el vehículo de una pasta de hidróxido de calcio, es un vehículo oleoso porque el alcanfor se considera un aceite esencial con baja solubilidad en agua Fue para los procedimientos de apexificación en dientes humanos que esta pasta se indicó con mayor frecuencia. Para una mejor visualización en radiografías, se agregaron medios de contraste tales como sulfato de bario, yodoformo y óxido de zinc ⁵ (Fig. 4)⁴.

Metacresilacetato. Químicamente, el metacresilacetato es el éster acético del metacresol en combinación con el benceno. Es un líquido oleoso con propiedades antibacterianas, analgésicas y sedantes. Vander Wall et al. (1972) mostraron menos actividad citotóxica en comparación con el paramonoclorofenol alcanforado. Su

marca registrada es Cresatin (Weiss 1966, Stewart 1975, Morse y otros 1990, Spangberg 1994).⁵

Cuando el hidróxido de calcio se mezcla con metacresilacetato, se produce una reacción química que produce cresilato de calcio y ácido acético. El ácido acético sufre una disociación iónica y emite iones hidroxilo, lo que disminuye el pH. En un estudio comparativo, se demostró que esta asociación daba un pH reducido en comparación con las pastas donde el hidróxido de calcio se mezclaba con solución salina o paramonoclorofenol alcanforado (Anthony et al.1982). Para una mejor visualización radiográfica, Stewart (1975) sugirió agregar sulfato de bario en una relación 1: 4 con el polvo de hidróxido de calcio y también sugirió preparar una pasta espesa o una consistencia de masilla porque no se endurecerá, como es el caso cuando el hidróxido de calcio es mezclado con paramonoclorofenol alcanforado.⁵

Eugenol. Se obtiene del aceite de clavo y otras fuentes. Una pasta que contiene hidróxido de calcio y eugenol, en humanos, se ha empleado como apósito intraconducto para dientes deciduos no vitales y vitales (Murata 1959).⁵

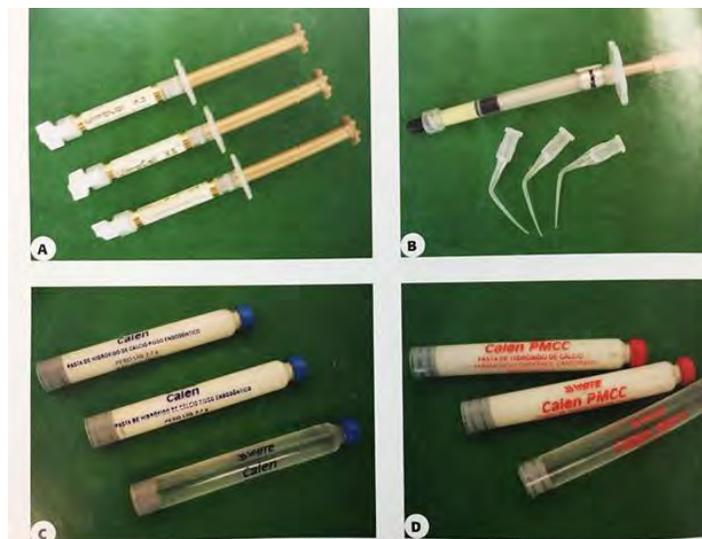


Fig 4. Formulaciones de hidróxido de calcio. Hidróxido de calcio puro en pasta (A). Hidróxido de calcio mezclado con yodoformo y diluido en aceite de silicona (B). Calen, hidróxido de calcio puro (C), con paramonoclorofenol alcanforado (D).

2.2.1.2. Inhibición del Crecimiento Bacteriano.

Este efecto se debe principalmente al incremento de pH producido al liberarse iones hidroxilo, que impide el crecimiento bacteriano. Kontakiotis y cols. mencionan que, además del motivo mencionado, el efecto puede deberse a la absorción del dióxido de carbono, necesario para el desarrollo de muchas especies bacterianas capnofílicas, por parte del hidróxido de calcio. Este, también altera las propiedades de los lipopolisacáridos presentes en la pared celular de muchas bacterias anaerobias, hidroliza la fracción lipídica, favoreciendo la destrucción bacteriana.⁶

El periodo necesario para que una medicación intraconducto de hidróxido de calcio sea eficaz, es de una semana. Periodos de tiempo inferiores son insuficientes.⁶

Los iones hidroxilo, y también los de calcio, pueden difundirse a través de la dentina, ejerciendo su acción de inhibición microbiana a distancia y disminuyendo la actividad osteoclástica en la superficie radicular. La difusión a través de la dentina es directamente proporcional a la superficie total a la superficie total de tubulos dentinarios abiertos e indirectamente proporcional al grosor de la dentina. La presencia de una capa residual sobre los túbulos, reduce en un 30% la difusión de iones a través de la dentina. El incremento máximo en el pH se consigue a las 2 semanas.⁶

2.2.1.3. Protocolo Clínico.

El hidróxido de calcio debe estar en contacto con el tejido para actuar. El polvo puede mezclarse con cualquiera de los vehículos anteriormente descritos o puede aplicarse a partir de envases monodosis estériles (Calen, Calasept, Calcijet, etc). La mezcla debe ser espesa y contener el mayor número posible de partículas de hidróxido de calcio ²(Fig. 5)¹.

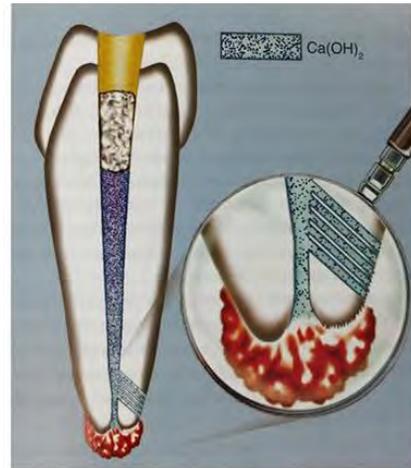


Fig 5. Diseño del conducto radicular llenado con hidróxido de calcio.

En caso de realizar la mezcla manualmente, los autores prefieren utilizar el propilenglicol como vehículo. El procedimiento es el siguiente: ¹

Sobre una loseta de vidrio, los dos componentes deben mezclarse con una espátula vigorosamente y con lentitud hasta obtener una homogeneidad y una fluidez adecuados. ¹

El llenado del conducto puede hacerse con una jeringa desechable o con un lentulo espiral. Si se va a utilizar la jeringa desechable es necesario que la pasta se espatule en el tiempo adecuado. Solo así fluirá con facilidad a través de la aguja. Es preferible utilizar una jeringa de 3ml con una punta capilar (Ultradent). ¹

Se calibra la punta a 3-4mm del tope apical. Es importante verificarla. Las agujas hipodérmicas que se suelen usar, son gruesas y solo alcanzaran la profundidad deseada en conductos conformados con #60 o más. Luego de seleccionar y evaluar la punta o la aguja y para facilitar el pasaje de la pasta, se coloca una gota de propilenglicol en el interior de la punta. ¹

Coloque la pasta dentro de la aguja, presione con suavidad el émbolo para ver que la medicación este saliendo por la punta. Esta se introduce en el conducto hasta la profundidad establecida y, al presionar con suavidad el émbolo, se retira la jeringa con lentitud, hasta percibir el reflujo de la pasta en la cámara pulpar. ¹

Siempre que la aguja por ser muy gruesa o el conducto muy estrecho, quede a distancia mayor que 3-4mm, el llenado se torna difícil. En estos casos el uso de un lentulo espiral es una alternativa que ofrece buenos resultados. ¹

Para llenar los conductos con un lentulo espiral, la pasta debe ser un poco más consistente. Se coloca la medicación en el lentulo calibrada de 2-3mm de la longitud de trabajo, se lleva al interior del conducto y se acciona el motor en sentido horario; al retirarlo con lentitud la pasta quedara dentro del conducto, este procedimiento puede repetirse más de una vez. ⁷

La pasta de hidróxido de calcio debe ocupar todo el conducto. Es posible que en el intento por llenar el conducto por completo, en especial en dientes con lesiones periapicales, se produzca una extrusión de la pasta. Aunque no es recomendable la colocación del hidróxido de calcio más allá del foramen apical, esto no debe ser motivo de gran preocupación. ¹

2.2.1.4. Otras Medicaciones Intraconducto.

Los compuestos fenólicos son anillos bencénicos con un enlace hidroxilo. Son potentes agentes antimicrobianos con acción por contacto directo a través de la ruptura de lípidos y proteínas de la membrana.⁴ El fenol y sus derivados solían utilizarse a menudo como medicación intraconducto ya que se pensaba que sus propiedades volátiles podían penetrar en los túbulos dentinarios y en las irregularidades anatómicas. Sin embargo, se demostró que estos compuestos tienen una vida corta, es decir, su efecto antimicrobiano tiene una duración muy corta. Además, los estudios in vitro ha demostrado que el fenol y sus derivados son muy

tóxicos para las células, y que su actividad antimicrobiana no se relaciona de forma favorable con su toxicidad. Los fenoles son antisépticos ineficaces en condiciones clínicas.² Entre los compuestos fenólicos destacan los siguientes: eugenol, paraclorofenol, paraclorofenol alcanforado, cresatina o acetato de metacresilo, cresol, creosota y timol.^{2, 4,6}

Otra medicación utilizada fueron los aldeídos (paraformaldeído o trioximetileno, el formaldehído utilizado como formocresol, y el glutaraldeído) los cuales son potentes antibacterianos, pero pueden causar necrosis de los tejidos periapicales sin ocasionar ningún alivio del dolor.⁶ El formocresol, es altamente tóxico y posee potencial mutágeno y cancerígeno. Aun así fue ampliamente utilizado en el tratamiento endodóncico y actualmente todavía se utilizan en odontología pediátrica. Todos los preparados del formaldehído son tóxicos potentes, con actividad antimicrobiana muy inferior a su toxicidad. No existe razón clínica para su uso en el tratamiento de conductos radiculares, a partir de lo que se conoce hoy en día.^{2,6}

Los compuestos halogenados son medicamentos básicamente derivados del yodo y del cloro, también se emplean en ocasiones como apósito en el interior del conducto, en forma de cloramina-T, una sal sódica de N-cloro- tosilamida. El yodo, en forma de yoduro potásico yodado, proporciona una solución antiséptica muy efectiva con toxicidad tisular baja.^{2,4}

Los esteroides, se ha utilizado localmente, dentro del conducto para reducir el dolor y la inflamación. Se ha propuesto como apósito inicial en combinación con un antibiótico de amplio espectro, especialmente si el dolor es asociado con condiciones inflamatorias agudas.²

La pasta triple antibiótica se ha utilizado como otro tipo de medicación intraconducto, es un compuesto de metronidazol, ciprofloxacino y minociclina, que

se estudió por primera vez frente a una dentina infectada con *Escherchia Coli* in vitro. Posteriormente, se estudió también su eficacia contra microbios de dentina cariada y pulpa infectada y se halló que era lo bastante potente para erradicarlos. Sin embargo, un problema potencial de esta pasta es que puede producir resistencia bacteriana. Además, el uso de minociclina puede cambiar la coloración de los dientes, con posibles complicaciones estéticas. ²

La clorhexidina en gel al 2% se ha empleado como medicación intraconducto con buenos resultados antibacterianos. Distintos estudios muestran que la concentración idónea es al 2% ya que concentraciones inferiores se mostraron poco eficaces. La clorhexidina se utiliza también como medicación intraconducto mezclada con hidróxido de calcio y aunque el alto pH de hidróxido de calcio no fue afectado, los resultados no han sido concluyentes, la mencionaremos más a detalle en los capítulos siguientes. ^{2,6}

Se están llevando a cabo experimentos con cristal bioactivo como medicación intraconducto, ya que en un ensayo se observó que destruía las bacterias, pero el mecanismo de acción no estaba relacionado con el pH y la dentina no parecía alterar su efecto. ^{2,6}

2.3. Irrigación en Endodoncia.

El proceso de irrigación en endodoncia se destaca entre las fases operatorias del tratamiento, por ser un factor de gran ayuda para el éxito del tratamiento. Esto se realiza depositando la solución química irrigadora en conjunto con los instrumentos endodónticos.³

Los objetivos de la irrigación en endodoncia son mecánicos, químicos y biológicos. Los objetivos mecánicos y químicos son: limpiar los residuos, lubricar el conducto, disolver el tejido orgánico e



Fig 6. Irrigación.

inorgánico y evitar la formación de barrillo dentinario durante la instrumentación o disolverlo cuando se forme. La eficacia mecánica dependerá de la capacidad de la irrigación para generar fuerzas óptimas de flujo en el conjunto del sistema de conductos radiculares. La eficiencia química variará según la concentración del irrigante antimicrobiano, el área de contacto y la duración de la interacción entre el irrigante y la zona infectada. La desinfección endodóntica dependerá de su eficiencia química y mecánica²(Fig. 6)⁶.

La función biológica de los irrigantes está relacionada con sus efectos antimicrobianos. En principio, los irrigantes deben: tener una alta eficacia entre microorganismos anaerobios y facultativos en su estado planctónico y el biopelículas, inactivar las endotoxinas, no ser tóxicos cuando entran en contacto con los tejidos vitales, y no provocar reacción anafiláctica.²

La eficacia de la irrigación del conducto radicular en cuanto a eliminación de residuos y erradicación de bacterias depende de varios factores:²

1.- Profundidad de penetración de la aguja: el tamaño y la longitud de la aguja de irrigación con respecto a las dimensiones del conducto radicular son fundamentales para la eficacia de la irrigación.

2.- Diámetro del conducto radicular: el diámetro del conducto radicular tiene una influencia en la profundidad de penetración de la aguja (Fig. 7)².

3.- Diámetro de la aguja: el diámetro externo de la aguja tiene importancia para la profundidad de introducción en el conducto radicular y para la rigidez de la punta, una consideración de interés para la irrigación de los conductos curvos.

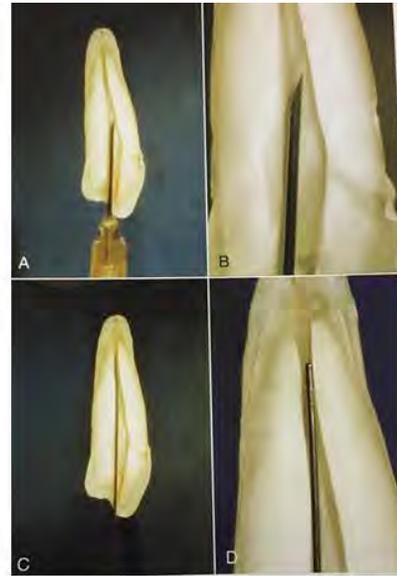


Fig 7. Agujas de irrigación insertadas en conductos radiculares instrumentados. Una aguja de calibre 27 apenas alcanza el tercio medio (A,B). Una aguja calibre 30 con salida lateral alcanza el tercio apical (C,D).

4.- Presión: el diámetro interno de la aguja determina la presión necesaria para mover el émbolo de la jeringa. La velocidad del émbolo fija la velocidad con la que sale el irrigante. Las agujas estrechas necesitan una mayor presión del émbolo y el irrigante saldrá a mayor velocidad que las agujas grandes, que expulsan mayores cantidades de irrigante pero no pueden alcanzar la misma velocidad.

5.- Tipo y orientación del bisel de la aguja: para mejorar la seguridad de la irrigación y evitar la extrusión apical del irrigante a través del foramen, algunas agujas liberan la solución por aberturas laterales y tienen una punta cerrada y segura. La orientación del bisel es fundamental para producir un efecto de turbulencia en la pared dentinaria del conducto. Las agujas con orificios de ventilación laterales y dobles facilitan una fuerza de cizalla máxima en la pared situada frente a la salida.

2.3.1. Irrigantes.

El uso de una solución irrigadora nos traerá grandes beneficios en la terapia de conductos: ²

- Eliminación de las partículas de detritos y humectación.
- Eliminación de microorganismos.
- Disolución de restos orgánicos.
- Apertura de los túbulos dentinarios por eliminación del barrillo dentinario.
- Desinfección y limpieza de áreas inaccesibles a instrumentos endodónticos.

Un irrigante óptimo tendrá las características beneficiosas y ninguna propiedad negativa o perjudicial. En la actualidad no existe ninguna solución que pueda llamarse óptima. Sin embargo, el uso combinado de productos elegidos de irrigación contribuye de manera importante a un resultado exitoso. ²

Propiedades del irrigante ideal: ²

- Efecto antimicrobiano prologado
- No ser irritante de los tejidos periapicales.
- Permanecer estable en solución.
- Estar activo en presencia de sangre, suero y derivados proteicos de los tejidos.
- Tener una tensión superficial baja.
- No interferir en la reparación de los tejidos periapicales
- No manchar la estructura de los dientes.
- Poder inactivarse en un medio de cultivo
- No inducir una respuesta inmunitaria mediada por las células.
- Ser capaz de eliminar completamente el barrillo dentinario y de desinfectar la dentina subyacente y sus túbulos.

- No ser antigénico, no tóxico y no carcinógeno para las células tisulares que rodean el diente.
- No tener efectos adversos en las propiedades físicas de la dentina expuesta.
- No tener efectos adversos en la capacidad de sellado de los materiales de obturación.
- Fácil aplicación.
- Económico.

2.3.2. Soluciones Antimicrobianas.

2.3.2.1. Hipoclorito de Sodio.

Pertenece al grupo de los compuestos halogenados y es la solución más utilizada como irrigante en endodoncia, ya que tiene una excelente capacidad antibacteriana, es capaz de disolver tejido orgánico, aunque no tejido inorgánico.^{2,8}

Nos permite limpiar mecánicamente los residuos que quedan en el conducto, disuelve tejido vivo y necrótico, suprime los microorganismos presentes y lubrica el conducto. Además de ser barato y fácil de conseguir. ²

El cloro libre del NaOCl disuelve el tejido pulpar rompiendo las proteínas en aminoácidos. Esto permite que el hidrógeno en los grupos amino (-NH-) sea sustituido por cloro (-NCl-) para formar cloraminas; disolviendo así el tejido necrótico y la pus y de esta forma el agente antimicrobiano puede alcanzar mejor las zonas infectadas y limpiarlas. ^{2, 11}

2.3.2.1.1. Modo de Acción: ²

1. Reacción de saponificación. Actúa como un disolvente orgánico y de las grasas que degrada, los ácidos grasos los transforma en sales de ácidos grasos (jabón) y glicerol (alcohol), para reducir la tensión superficial de la solución residual.
2. Reacción de neutralización. Neutraliza los aminoácidos para formar agua y sal. Con la salida de iones hidroxilo, el pH se reduce.
3. Formación de ácido hipocloroso. Cuando se disuelve en agua y está en contacto con materia orgánica, forma ácido hipocloroso, un ácido débil de fórmula química HOCL que actúa como oxidante. El HOCL y los iones hipoclorito (OCL⁻) producen degradación e hidrólisis de los aminoácidos.
4. Acción disolvente. EL hipoclorito de sodio también actúa como disolvente, para liberar cloro que se combina con grupos amino, de las proteínas para formar cloraminas, estas impiden el metabolismo celular; el cloro es un fuerte oxidante e inhibe las enzimas bacterianas esenciales por oxidación irreversible de grupos sulfhidrilo (SH).
5. Alto pH. Su eficacia antimicrobiana basada en su alto pH, es similar al mecanismo de acción del hidróxido de calcio. El pH elevado interfiere en la integridad de la membrana citoplasmática debido a la inhibición enzimática irreversible, las alteraciones biosintéticas en el metabolismo celular y la degradación de fosfolípidos observada en la peroxidación lipídica.

Debe recordarse que el ácido hipocloroso es una sustancia química elaborada por los neutrófilos en el proceso de fagocitosis; puede crear lesiones en el tejido local, pero no una reacción alérgica. Sin embargo, en raras ocasiones puede producirse hipersensibilidad y dermatitis por contacto.²

2.3.2.1.2. Temperatura.

El aumento de la temperatura de las soluciones de NaOCl de baja concentración mejora su capacidad inmediata de disolución de los tejidos y eliminan con mayor eficacia los residuos orgánicos de las virutas de dentina. Los autores recomiendan el calentamiento de la solución una vez presente dentro del conducto radicular, esto puede realizarse mediante la activación de la solución con puntas ultrasónicas ^{2,8}(Fig. 8)².

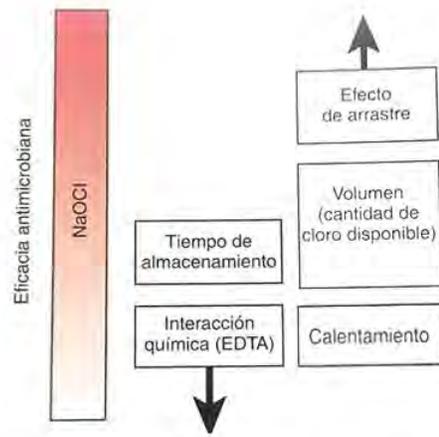


Fig 8. Interacción del hipoclorito de sodio con varios factores que determinan su eficacia.

2.3.2.1.3. Concentración.

Para la irrigación de los conductos radiculares, el NaOCl se utiliza en concentraciones comprendidas entre el 0.5% y el 6%. En concentraciones más elevadas tiene mayor capacidad de disolución de tejidos, aunque en concentraciones menores usadas en volúmenes mayores puede alcanzar la misma eficacia.²⁶ una concentración muy utilizada es la de 2.5%, que es menos tóxica y mantiene todavía poder de disolución tisular y actividad antimicrobiana.⁹

2.3.2.1.4. Tiempo.

El ion cloro, que es el responsable de la capacidad antibacteriana y de disolución del NaOCl, es inestable y se consume con rapidez durante la primera fase de disolución de los tejidos, aproximadamente en 2 minutos, lo cual constituye un motivo para la reposición continua de la solución. El tiempo óptimo durante el cual un irrigante de hipoclorito, para una concentración dada, debe mantenerse en el sistema de conductos es aún una cuestión sin resolver. ²

2.3.2.2. Clorhexidina.

La clorhexidina es una sustancia desinfectante de acción bactericida y fungicida. Pertenece al grupo de las biguanidas y se ha usado como irrigante y medicamento intraconducto en endodoncia. Tiene un efecto prolongado y es poco tóxica. La solución al 2% tiene un efecto antimicrobiano parecido al de una solución de NaOCl al 5.25%, y es más eficaz contra *enterococcus faecalis*. Por otro lado, la clorhexidina tiene el inconveniente de que no disuelve tejido necrótico ni elimina el barrillo dentinario.⁹

Es una molécula fuertemente básica con un pH comprendido entre 5.5 y 7 que pertenece al grupo de las polibiguanidas, consiste en dos anillos simétricos de cuatro clorofenilos y dos grupos bisbiguanida unidos por una cadena central de hexametileno. La solución de clorhexidina es fácilmente soluble en agua y muy estable.⁽²⁾

2.3.2.2.1. Modo de Acción.

Debido a sus cargas catiónicas, la clorhexidina es capaz de unirse electrostáticamente a la superficies de las bacterias con carga negativa, con lo que las copas externas resultan dañadas y la vuelven permeable. La clorhexidina es un agente antimicrobiano de amplio espectro, efectivo contra las bacterias gram + y gram- y contra las levaduras.⁽²⁾

Según su concentración puede tener efectos bacteriostáticos y bactericidas. En concentraciones altas actúa como detergente y, al dañar la membrana celular, causa una precipitación del citoplasma y, por tanto, tiene un efecto bactericida. En concentraciones bajas, es bacteriostática y provoca el vertido de sustancias de peso molecular bajo, sin dañar la célula de forma irreversible.²

Por su naturaleza catiónica puede ser absorbida por sustratos aniónicos, como la mucosa oral y la estructura dentaria. Puede ser fácilmente adsorbida en hidroxiapatita y dientes, lo cual es reversible. Esta reacción de captación y liberación produce una actividad antimicrobiana conocida como sustantividad.²

2.3.2.2.2. Interacción Clorhexidina, NaOCl y EDTA.

El hipoclorito y la clorhexidina en contacto producen un precipitado. La reacción depende de la concentración de NaOCl, cuanto mayor es más precipitado se genera. Se ha suscitado cierta preocupación debida a que el precipitado resultante podría interferir con el sellado de la obturación final. Se ha evaluado la naturaleza química de este precipitado y se confirmó la formación de 4-cloroanilina (PCA) y su penetración en los túbulos dentinarios. La 4-cloroanilina es tóxica en humanos con exposición a corto plazo, con cianosis resultante debido a la formación de metahemoglobina.²

Alternativamente, se ha sugerido que el conducto se seque con puntas de papel antes del enjuague final con clorhexidina.²

La combinación de clorhexidina y EDTA produce un precipitado blanco, que es una sal.²

2.3.2.3. Peróxido de hidrógeno.

El peróxido de hidrógeno se ha utilizado como un irrigante endodóntico durante un largo período de tiempo, principalmente en concentraciones que varían entre 3% y 5%. Es activo contra bacterias, virus y levaduras. Los radicales libres de hidroxilo ($\bullet\text{OH}$) destruyen las proteínas y el ADN. La capacidad de disolución tisular del peróxido de hidrógeno es claramente inferior a la del hipoclorito de sodio; también su efecto antibacteriano se considera débil.¹⁰

Al entrar en contacto con los tejidos orgánicos se desprenden burbujas de oxígeno naciente que colaboran en la eliminación mecánica de los restos de tejido pulpar del conducto y tienen un efecto antibacteriano sobre los anaerobios. ⁶

Cuando se utiliza una combinación con hipoclorito de sodio, también se producirá burbujeo como resultado de la evaporación de oxígeno. El uso de esta combinación de irrigantes, se cree, que ofrece precisamente la ventaja de la efervescencia, la cual teóricamente, ayuda en forzar la salida de residuos fuera del canal. ¹¹

2.3.3. Barrillo Dentinario.

Es definido como como una película superficial de residuos retenida en la dentina u otra superficie después de la instrumentación con limas manuales o rotatorias. Consiste en partículas de dentina, restos de tejido pulpar vital o necrótico, componentes bacterianos e irrigantes retenidos. Se ha visto como un impedimento para la penetración de irrigantes en los túbulos dentinarios. ⁶ En los casos de necrosis pulpar, el barrillo dentinario puede estar infectado con bacterias y sus subproductos metabólicos. Además, los microorganismos viables presentes en los túbulos dentinarios pueden usar el barrillo como sustrato para crecer sin obstáculos. Si no se suprime, el barrillo dentinario puede desintegrarse lentamente con las filtraciones de los materiales de obturación, o deshacerse a causa de los ácidos y las enzimas producidas por las bacterias viables que quedan en los túbulos o penetran por las filtraciones coronales ⁹ (Fig. 9)².



Fig 9. Pared del conducto antes y después del uso de EDTA. (Microscopía electrónica de barrido).

Se resalta la importancia de su eliminación para permitir que los irrigantes, los medicamentos y los selladores penetren en los túbulos, mejoren la desinfección y se limiten las filtraciones coronales y apicales.⁹

Para eliminar el barrillo dentinario se ha propuesto el uso de sustancias quelantes tras la limpieza y el modelado del conducto.⁹

2.3.4. Agentes Quelantes y Desmineralizantes.

El término “quelato” proviene de la palabra griega “chele” que significa pinza de cangrejo. Los quelatos son complejos particularmente estables de iones metálicos con sustancias orgánicas como resultado de enlaces en forma de anillo. Esta estabilidad es un resultado del enlace entre el quelato, el cual tiene más de un par de electrones libres, y el ion metálico central.¹²

Los agentes quelantes inducen cambios en la estructura del tejido dental y en los niveles de calcio y fósforo de la dentina. Los más ampliamente utilizados son: el ácido cítrico, a diferentes concentraciones, y el EDTA en concentraciones de 15-17%.¹³

2.3.4.1. Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA).

Es un ácido aminopolicarboxílico que se utiliza como irrigante en endodoncia, ya que puede quelar y eliminar la parte mineralizada del barrillo dentinario. Su papel destacado como agente de quelación procede de su capacidad de secuestro de iones metálicos catiónicos de dos o tres cargas positivas como Ca^{2+} y Fe^{3+} . Después de la unión por medio de EDTA, los iones metálicos permanecen en la solución, pero muestran menor reactividad. Cuando todos los iones disponibles están enlazados, se alcanza el equilibrio y no se produce mayor disolución; por lo tanto EDTA es auto limitante.²

En la exposición directa durante un periodo de tiempo prolongado, el EDTA extrae las proteínas superficiales bacterianas al combinarse con iones metálicos de la envoltura celular, lo que puede llevar en su caso a la destrucción de las bacterias.²

Sin embargo, el EDTA solo no puede eliminar el barrillo dentinario de manera eficaz, por lo que debe añadirse un componente proteolítico, como hipoclorito de sodio, para eliminar los componentes orgánicos del mismo.²

Para la preparación de los conductos radiculares normalmente se utiliza en una concentración al 17% y puede eliminar el barrillo dentinario cuando se encuentra en contacto directo con la pared del conducto durante menos de un minuto. Aun cuando tiene una acción autolimitada, si se deja en el conducto por más tiempo o se utiliza NaOCl después del EDTA, se observó erosión de la dentina.²

Además de su capacidad de limpieza, los agentes quelantes pueden desprender biopelículas adheridas a las paredes de los conductos radiculares.²

2.3.4.1.1. Interacción EDTA y NaOCl.

El EDTA mantiene su capacidad de formación de complejos con calcio al mezclarse con el NaOCl, pero lleva a que este pierda su capacidad de disolución de tejidos, sin que prácticamente se detectara cloro libre en las combinaciones. Por esto, se sugiere que el EDTA y el hipoclorito se utilicen por separado.^{2,8}

El EDTA puede activarse por medios ultrasónicos para mejorar la penetración en los túbulos dentinarios. Aunque debe tenerse en cuenta que no es conveniente un aumento en la temperatura. Los agentes de quelación tienen un intervalo de temperatura dentro del cual funcionan mejor. Cuando se calienta el EDTA de 20 a 90°C, la capacidad de unión al calcio disminuye.²

2.3.4.2. Ácido Cítrico.

El ácido cítrico (ácido 2-Hidroxi-1, 2, 3-propanotricarboxílico) fue estudiado por primera vez por Loel (1975). Por ser un ácido orgánico débil, por su aplicación en concentraciones al 50% permitía la remoción de componentes inorgánicos y el aumento de las aperturas tubulares de la superficie dentinaria.⁴

Este ácido está presente principalmente en los cítricos, es considerado un ácido tricarboxílico y su capacidad desmineralizadora la proporcionan los tres grupos carboxílicos que pierden protones ante la presencia de iones metálicos, como por ejemplo el calcio de la superficie dentinaria, que contribuye con el efecto desmineralizante. Como producto final de dicha reacción, se forman sales de citrato de calcio. Esta solución también ha sido utilizada en procedimientos periodontales para acondicionar la superficie externa radicular en un intento de regeneración y de re inserción de las fibras periodontales.⁴

El ácido cítrico es una agente quelante que reacciona con los metales para formar un quelato no iónico soluble. Goldman et al. Reportó que los efectos en la remoción de la capa de barrillo dentinario obtenidos con ácido cítrico eran muy similares a los obtenidos con EDTA, aparte el ácido cítrico es menos citotóxico para el tejido que el EDTA.¹⁴

Sin embargo, la eficacia en la eliminación de la capa de barrillo dentinario puede no traducirse en una eficacia en la eliminación de hidróxido de calcio, esto puede explicarse por el hecho de que la propiedad de quelación del ácido cítrico depende no solo de la acción quelante física directa, sino también del pH de la solución. El ácido cítrico es un quelante ineficaz a pH neutro. Es posible que el pH altamente alcalino del hidróxido de calcio eleve el pH del ácido cítrico hacia la neutralidad, lo que limita la efectividad del ácido cítrico en la eliminación del hidróxido de calcio. En el futuro, un estudio de titulación puede revelar qué tan rápido o efectivamente un

quelante (como el ácido cítrico) se neutraliza con un medicamento altamente alcalino como el Ca (OH). Por otro lado, el EDTA sigue siendo efectivo incluso a pH neutro. Por lo tanto, el pH altamente alcalino del Ca (OH) puede no inhibir eficientemente la quelación con EDTA.¹⁵

Por otro lado, Yamaguchi y col, propusieron al ácido cítrico como un irrigante sustituto del EDTA. Ellos concluyeron que todas las concentraciones de ácido cítrico mostraron buenos efectos antibacterianos y capacidad de quelación o eliminación de la capa de desechos, y sugirieron que éste podría ser usado como una solución irrigante para los conductos alternándolo con el hipoclorito de sodio. Además, Sceiza y col, determinaron que el ácido cítrico fue más biocompatible con los tejidos periodontales apicales que el EDTA-T.¹⁴

2.3.4.2.1. Interacción Ácido Cítrico y NaOCl.

Se ha sugerido que las variaciones del pH en el hipoclorito de sodio modifican sus propiedades antimicrobianas y de disolución de los tejidos. Se ha encontrado que una reducción del pH a valores alrededor de 6.0 a 7.5 mejora la eficacia antimicrobiana pero dificulta la acción de disolución del tejido. Si el pH se reduce a valores por debajo de 4, entonces aumentará la cantidad de gas clorado en la solución. El cloro en forma de gas es volátil y, por lo tanto, inestable. Si la solución de hipoclorito de sodio se mezcla con otros irrigantes que poseen valores bajos de pH, existe la posibilidad de alterar sus propiedades.¹¹

La reducción de los valores de pH en la solución de hipoclorito de sodio provoca la liberación de gas clorado, que tiene efectos potencialmente peligrosos para los humanos. Esto es según una investigación de laboratorio que estudió las reacciones entre NaOCl (5.25%, pH = 12.12) y Ácido cítrico (50%, pH = 1.28) o EDTA (15%, pH = 7.51). Se mezclaron porciones del quelante con la solución de hipoclorito de sodio a intervalos de tiempo regulares durante un período total de 2 horas; la liberación de

cloro gaseoso se midió a 6 pulgadas y 6 pies del contenedor. Y se obtuvo como resultado que, cuando se agrega EDTA a NaOCl, el gas clorado puede detectarse a niveles relativamente bajos, ya que su pH es casi neutro. Sin embargo, cuando se usó ácido cítrico, se detectó significativamente la presencia de gas clorado y se presentó a una distancia mayor. Por lo tanto, si se va a utilizar como quelante el ácido cítrico después de la irrigación con hipoclorito de sodio, se sugiere hacer un enjuague previo con agua destilada ó suero fisiológico antes de colocar el ácido cítrico, con el fin de que estas dos sustancias no se mezclen.¹¹

2.3.4.3. HEBP.

El 1-hidroxi-etilideno-1, 1-bifosfonato, es un agente de quelación débil. Constituye una posible alternativa al EDTA ya que carece de reactividad a corto plazo con el hipoclorito de sodio. Puede utilizarse en combinación con el NaOCl sin influir en sus propiedades proteolíticas o antimicrobianas. No es tóxico, y se emplea en medicina para tratar las enfermedades óseas.²

2.4. Técnicas de Irrigación.

2.4.1. Administración con Jeringa.

La aplicación de un irrigante en un conducto por medio de una jeringa y una aguja permite una colocación exacta, la extracción de grandes partículas de residuos y el contacto con los microorganismos en zonas cercanas a la punta de la aguja. En esta técnica, que se denomina irrigación pasiva con jeringa, el intercambio real del irrigante se limita a 1-1.5 mm apicales a la punta de la aguja y la dinámica de fluidos se produce cerca de la salida de la aguja. La eficacia de limpieza del conducto radicular es proporcional al volumen y la velocidad del flujo. Por lo tanto, el diámetro y la posición de la salida de la aguja determinan el grado de trabajo quimiomecánico del irrigante; la colocación debe estar cerca de la longitud de trabajo para garantizar el intercambio de líquido en la porción apical del conducto, esta acción necesitara un control estricto para evitar una posible extrusión del líquido a los tejidos periapicales.²

Así pues, aunque las agujas de mayor calibre permiten irrigar y reponer el líquido más rápidamente, una aguja de mayor diámetro no permite limpiar las áreas apicales y más estrechas del conducto. En todos los casos debe evitarse el enclavamiento o una presión excesiva de las agujas en los conductos durante la irrigación sin posibilidad de reflujo del irrigante para prevenir la extrusión del mismo a los espacios periapicales. Debe prestarse especial atención cuando se trabaje en dientes jóvenes con forámenes apicales anchos o cuando ya se ha perdido la constricción apical.²

La limpieza eficaz del conducto radicular debe incluir la agitación intermitente del contenido del conducto con un instrumento pequeño, y así evitar la acumulación de residuos en la porción apical.²

El tamaño y la conicidad de la preparación determinan finalmente la proximidad de colocación de la aguja en los últimos milímetros apicales de un conducto radicular. Se recomiendan agujas de extremo abierto para prevenir la extrusión del irrigante.²

2.4.2. Irrigación Activada Manualmente.

Se trata de alcanzar la longitud de trabajo con instrumentos de pequeño calibre para hacer que la solución pueda llegar, también, hasta el ápice. Según los autores, con esta técnica no es posible obtener una buena difusión de los líquidos ya que la formación de burbujas impedirán la penetración de los irrigantes. Por otra parte, según otros autores sería imposible llevar los líquidos en profundidad con la sola activación manual.⁸

Además de la irrigación convencional, se han propuesto y probado técnicas adicionales para la desinfección, entre ellas sistemas láser y ozono gaseoso. Se han introducido también varios dispositivos para la activación de los irrigantes dentro del conducto radicular, como EndoActivator, la irrigación ultrasónica pasiva, EndoVac, Safety-Irrigator, la fotoactivación y el ozono. Estos dispositivos utilizan presión, vacío, oscilación ó una combinación con succión.²

2.4.3. Irrigación Activada Sónicamente.

El sistema EndoActivator utiliza puntas de polímero seguras no cortantes en una pieza de mano subsónica de uso sencillo para agitar de forma rápida y vigorosa las soluciones irrigantes durante el tratamiento endodónico, sin que se formen escalones o falsa vías^{2, 8}.(Fig. 10)⁸.

El sistema produce una activación sónica de los irrigantes dentro del conducto, desencadenando un fuerte fenómeno hidrodinámico. El motor sónico puede trabajar en tres diferentes velocidades 10, 000, 6 000 y 2 000 ciclos por minuto. Para obtener una mejor limpieza, se aconseja utilizar la frecuencia más alta.²

Las vibraciones de la punta sónica producen ondas intrarradiculares, que al romperse sobre las paredes de los conductos crean un sistema de burbujas. Posteriormente éstas burbujas pueden expandirse y tornarse inestables hasta implosionar. Cada implosión favorece la formación de microondas que penetran en forma vigorosa en el interior de las micropelículas bacterianas, destruyéndolas y destruyendo la carga bacteriana todavía presente sobre las superficies radiculares.⁸

La activación debe realizarse al finalizar la instrumentación y durante un tiempo mínimo de 60 segundos. Esto va a favorecer a una mejor limpieza y a una obturación tridimensional más eficaz, aumentando el porcentaje de éxito del tratamiento.⁸

Cuando se compara la irrigación sónica con la irrigación ultrasónica, los resultados pueden ser controvertidos. La mayoría de los estudios apuntan a un mayor beneficio con la irrigación ultrasónica.²

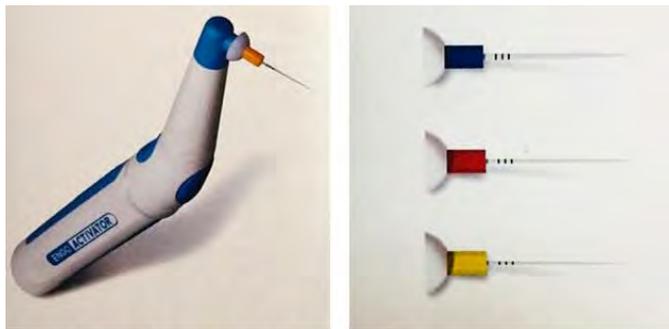


Fig 10. Pieza de mano del Endoactivator y gama de puntas.

2.4.4. Irrigación Ultrasónica Pasiva.

Los primeros dispositivos ultrasónicos fueron introducidos en endodoncia por Richman. Las limas son activadas para oscilar al frecuencias ultrasónicas de 25 a 30 kHz para preparar mecánicamente las paredes de los conductos.²

Se ha demostrado que las limas activadas por ultrasonido son eficaces para activar los irrigantes en el interior del sistema de conductos radiculares mediante flujo estacionario de ondas acústicas de alta amplitud y cavitación.²

Se ha descrito dos tipos de irrigación ultrasónica: uno en el que la irrigación se combina con instrumentación ultrasónica simultánea y otro sin instrumentación simultánea, llamado irrigación ultrasónica pasiva. Durante la primera, la lima se pone en contacto intencionadamente con la pared del conducto radicular. Dada la compleja anatomía del sistema de conductos, la irrigación con instrumentación ultrasónica simultánea nunca entrará en contacto con toda la pared y puede dar lugar a un corte incontrolado de las paredes del conducto sin una desinfección eficaz. En un estudio de Macedo, la frecuencia de oscilación del instrumento, la potencia ultrasónica y la conicidad de la lima determinaron la aparición y magnitud de la cavitación. Se produjo un cierto grado de cavitación. Se produjo un cierto grado de cavitación entre la lima y la superficie del conducto, y llegó a los istmos y los conductos laterales.²

El término pasivo no está relacionado con la acción no cortante de la lima activada ultrasónicamente. Se basa en la transmisión de energía acústica oscilante o un alambre liso a un irrigante en el conducto radicular.²

La irrigación ultrasónica pasiva debe introducirse en el conducto una vez que este tiene la conicidad y un tamaño apical final. Debe introducirse una solución de irrigante nueva y se activa ultrasónicamente un instrumento de bajo calibre o un alambre liso. Dado que el conducto ya ha sido conformado, el instrumento puede moverse con mayor libertad, y el irrigante puede penetrar en la porción apical, de manera que el efecto de limpieza es mayor. Con esta metodología no cortante, se reduce al mínimo el potencial de generar formas aberrantes en el conducto radicular. La activación ultrasónica del irrigante parece mejorar el desbridamiento del sistema de conductos radiculares in vitro, los resultados in vivo presentan algunas controversias. Por lo tanto, todavía no se han establecido guías objetivas en relación con los riesgos y beneficios asociados. La activación ultrasónica del irrigante puede ser intermitente o continua.²

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad, durante la terapia endodóntica, el hidróxido de calcio ha sido el medicamento de elección para recubrir el interior de las paredes de los conductos radiculares. Sin embargo, su aplicación como medicación intraconducto constituye un reto para el éxito del tratamiento, ya que sus residuos intervienen con la habilidad selladora de los cementos endodónticos y afectan su adhesión a las paredes de los conductos; existe evidencia de que estos residuos reaccionan con los selladores a base de óxido de zinc y eugenol, formando eugenolato de calcio lo cual dificulta aún más la penetración de los cementos en los túbulos, o pueden inhibir también la adhesión a la dentina de los cementos a base de resina, impidiendo así el sellado apical y aumentando el riesgo de micro filtración de bacterias.

Cualquier residuo de hidróxido de calcio que se encuentre dentro del sistema de conductos va a afectar negativamente la calidad de la obturación de los conductos. Lo más preocupante es que las investigaciones han mostrado que es posible observar sus remanentes en el 45% de la superficie interna del conducto aun después de los intentos por eliminarlo. Y que si bien existen técnicas que pueden ser más efectivas para su eliminación, no existe ninguna que lo elimine por completo.

4. JUSTIFICACION.

La importancia de esta investigación radica en el conocimiento del desempeño de dos agentes quelantes contra el uso de dos irrigantes combinados que son el hipoclorito de sodio combinado con peróxido de hidrógeno al 3% y su comparación nos brindara los parámetros necesarios para la selección del agente adecuado.

El EDTA es un quelante que se utiliza sistemáticamente para la eliminación de la capa residual de barrillo dentinario y que la literatura nos menciona, también es coadyuvante en la remoción de los residuos de hidróxido de calcio después de la irrigación con hipoclorito de sodio con buenos resultados, sin embargo, su citotoxicidad nos lleva a buscar alternativas para la remoción de estos residuos como lo es el ácido cítrico y la combinación de otros irrigantes.

Di Lenarda y col, concluyeron que la acción del ácido cítrico es comparable a la acción del EDTA, y sugirieron que este irrigante es conveniente por su bajo costo, buena estabilidad química, si es usado correctamente, alternándolo con hipoclorito, y es efectivo aún luego de una aplicación breve. Sin embargo, también tiene desventajas como lo es su bajo pH en contra del pH neutro del EDTA. Por lo cual, se sugiere un tercer grupo de prueba, que es la solución de hipoclorito de sodio al 5.25% en combinación con peróxido de hidrógeno, esta asociación se seleccionó por la reacción de efervescencia que ocurre al juntar ambas soluciones, la cual sugiere un mejor desprendimiento de los residuos de hidróxido de calcio.

Lo resultados obtenidos de la comparación de la eficacia del ácido cítrico al 20%, el EDTA al 17% y la asociación de hipoclorito de sodio al 5.25% con peróxido de hidrógeno al 3% constituyen un aporte fundamental a la práctica clínica de la endodoncia y por supuesto, un refuerzo a la literatura.

Una mayor y mejor eliminación de los residuos de hidróxido de calcio va a dar como resultado una mejor calidad en la obturación, que es nuestro objetivo principal.

5. HIPÓTESIS.

HI: La técnica que resulta más eficaz para remover los residuos de hidróxido de calcio es la irrigación ultrasónica pasiva en combinación con EDTA al 17%.

H0: La técnica que resulta menos eficaz para remover los residuos de hidróxido de calcio es la irrigación ultrasónica pasiva en combinación con EDTA al 17%.

6. OBJETIVOS.

6.1. GENERAL

Comparar la efectividad del ácido cítrico al 20%, el EDTA al 17% y la asociación de dos irrigantes, activados ultrasónica y manualmente, para remover medicación intraconducto de hidróxido de calcio en dientes unirradiculares.

6.2. ESPECÍFICOS.

1.- Identificar que técnica de remoción, manual o con ultrasonido, deja menos residuos.

2.- Establecer cuál es la solución irrigante más eficaz, EDTA al 17%, ácido cítrico al 20% o la asociación de hipoclorito al 5.25% + peróxido de hidrógeno al 3%, para eliminar residuos.

3.- Conocer qué técnica en combinación con un irrigante, de las siguientes, nos ayuda a eliminar mejor los residuos:

- Irrigación con EDTA 17% + instrumentación con lima maestra.
- Irrigación con ácido cítrico al 20% + instrumentación con lima maestra.
- Irrigación con hipoclorito al 5.25% + peróxido de hidrógeno al 3%+ instrumentación con lima maestra.
- Irrigación con EDTA 17% + activación ultrasónica.
- Irrigación con ácido cítrico al 20% + activación ultrasónica.
- Irrigación con hipoclorito al 5.25% + peróxido de hidrógeno al 3%+ activación ultrasónica.

7. MATERIALES Y MÉTODOS.

7.1. TIPO DE ESTUDIO.

Estudio experimental, in vitro.

7.2. MUESTRA.

64 dientes humanos extraídos, unirradiculares.

7.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN.

- Dientes unirradiculares.
- Que hayan permanecido hidratados después de la extracción.
- Que conserven la integridad del ápice.
- Raíces y conductos rectos.

7.4. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.

- Curvaturas pronunciadas.
- Más de dos años de extraídos.
- Que no hayan sido hidratados después de la extracción.
- Que presenten cualquier tipo de fractura o fisura en cualquier parte de la raíz.
- Tratamiento de conductos previo.
- Conductos calcificados.

7.5. VARIABLES DE ESTUDIO.

- Variable dependiente: Remoción de medicación intraconducto de hidróxido de calcio.

Definición teórica: porcentaje de eliminación de hidróxido de calcio de las paredes de los conductos radiculares.

Definición operacional: cantidad de hidróxido de calcio remanente dentro del conducto radicular, que se observa al seccionar el diente y observarlo al microscopio óptico, después de las técnicas de eliminación. Esta medición está dada en milímetros cuadrados y se obtendrá a través del programa ImageJ.

- Variable independiente: Efectividad de dos quelantes, EDTA al 17%, ácido cítrico al 20% ó la asociación de dos irrigantes hipoclorito al 5.25% + peróxido de hidrógeno al 3%, para la eliminación de hidróxido de calcio.

Definición teórica:

Quelante: producto químico que tiene la propiedad de combinarse con los iones positivos bivalentes y trivalentes, formando complejos estables, desprovistos de toxicidad y eliminables.

EDTA: ácido etilendiaminotetraacético, incoloro e insoluble en agua, que puede quelar y eliminar la parte mineralizada del barrillo dentinario.

Ácido cítrico: ácido orgánico, sólido, muy soluble en agua que cuando se aplica a los tejidos duros produce desmineralización.

Hipoclorito de sodio + peróxido de hidrógeno: ambos componentes forman una solución, que al momento de mezclarse generan una reacción de efervescencia transitoria, que deja como resultado la formación de perclorato de sodio.

Irrigante: solución química utilizada para la desinfección y limpieza del sistema de conductos radiculares.

Definición operacional: capacidad que tiene 5ml de cada solución (EDTA al 17%, ácido cítrico al 20% ó la asociación de dos irrigantes hipoclorito al 5.25% + peróxido de hidrógeno al 3%) para eliminar residuos de hidróxido de calcio, que puede ser medida dependiendo de los residuos que se observen al estereoscopio después de seccionar los especímenes.

7.6. PROCEDIMIENTO.

7.6.1. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

- 1) Se seleccionaron 64 dientes unirradiculares humanos extraídos (Fotografía 1), los cuales se decoronaron con un disco de carburo para estandarizar la longitud de trabajo a 13mm (Fotografías 2 y 3), esta longitud se determinó con una lima flexofile #15 (Dentsply Maillefer) a 1mm de la salida del conducto.



Fotografía 1. Muestras seleccionadas para el estudio *in vitro* ^{FD}.



Fotografía 2. Los dientes fueron decoronados para estandarizar la longitud de trabajo ^{FD}.



Fotografía 3. Se estandarizó la longitud de trabajo a 13mm ^{FD}.

a) Instrumentación con limas Protaper Manual.

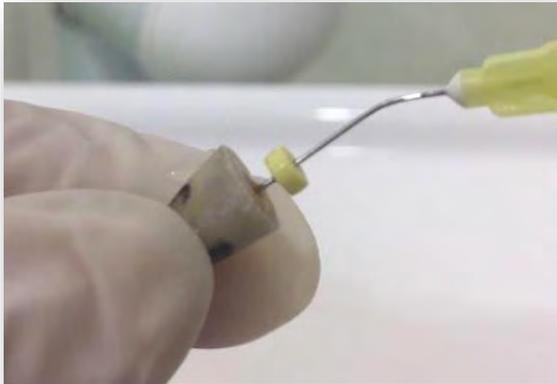
- I. Se introdujo una lima manual tipo K #10 Dentsply para asegurar que los conductos estuvieran patentes y se irrigó con hipoclorito al 2.5% (esta misma solución se utilizó entre cada instrumento).
- II. Se introdujo el instrumento S1 hasta donde ofreciera resistencia, se realizaron movimientos de pincelado y se irrigó.
- III. Se introdujo el instrumento SX y se realizaron movimientos de pincelado, se irrigó.

- IV. Se introdujo en instrumento S1 hasta la longitud de trabajo, se realizaron movimientos de fuerzas balanceadas y se irrigó.
- V. Se introdujo el instrumento S2 hasta la longitud de trabajo y se realizaron movimientos de fuerzas balanceadas y se irrigó.
- VI. Se introdujo el instrumento F1 a la longitud de trabajo con movimientos de atornillamiento, se giró en sentido contrario para cortar, se retiró y se irrigó. Posteriormente se realizaron movimientos de entrada y salida.
- VII. Se introdujo el instrumento F2 a la longitud de trabajo con movimientos de atornillamiento, se giró en sentido contrario para cortar, se retiró y se irrigó. Posteriormente se realizaron movimientos de entrada y salida.
- VIII. Se introdujo el instrumento F3 a la longitud de trabajo con movimientos de atornillamiento (Fotografía 4), se giró en sentido contrario para cortar, se retiró y se irrigó. Posteriormente se realizaron movimientos de entrada y salida.



Fotografía 4. Instrumentación con Protaper manual ^{FD}.

- 2) Se realizó el protocolo de irrigación final con NaClO al 2.5% (Viarden)(Fotografía 5), suero fisiológico y EDTA 18% (ultradent) por 1 minuto, para esto se utilizó una jeringa de 5ml para cada solución y una aguja para irrigar (endo Eze Ultradent), se secaron los conductos con puntas de papel.
- 3) Los especímenes se numeraron aleatoriamente del 1 al 64, con plumón negro indeleble.



Fotografía 5. Irrigación con hipoclorito de sodio al 2.5% ^{FD}.

7.6.2. COLOCACION DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO.

- 4) Posteriormente, en una loseta de vidrio y con una espátula para cementos metálica, se realizó la mezcla de hidróxido de calcio puro (polvo) + propilenglicol (se sugiere una proporción 1:1) hasta crear una consistencia cremosa. Se agregó yodoformo al polvo de hidróxido de calcio en una proporción de 1:4 para dar radiopacidad a la mezcla (Fotografías 7 y 8).

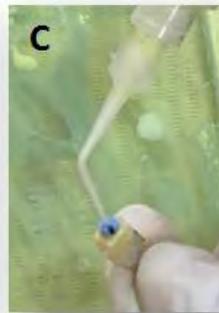


Fotografía 7. Proporción polvo (hidróxido de calcio y radiopacador): líquido (propilenglicol) utilizada ^{FD}.



Fotografía 8. Preparación de la pasta para su colocación ^{FD}.

- 5) Se depositó la mezcla dentro de los conductos con una jeringa de 5ml y una punta capilar (Ultradent)(Fotografía 9), con ayuda de un léntulo espiral #20 (MANI) se aseguró que la mezcla llegara hasta el tercio apical. Se selló el acceso con una torunda de algodón y una capa de 3 mm de Cavit.



Fotografía 9. Colocación de la pasta dentro de la jeringa (A).

Se colocó un tope a tres milímetros de la longitud de trabajo (B).

Se depositó la mezcla dentro del conducto (C) ^{FD}.

- 6) Se tomaron radiografías para asegurar que la medicación haya llegado hasta el ápice y que el conducto se encuentre uniformemente llenado (Fotografía 10).



Fotografía 10. Toma de radiografía para asegurar el correcto llenado de los conductos con la pasta de hidróxido de calcio ^{FD}.

7) Todos los dientes se almacenaron a una temperatura de 37°C y 100% de humedad por un periodo de 7 días en un atemperador (Felisa) (Fotografías 11 y 12).



Fotografía 11. Muestras listas para su colocación en el atemperador (Felisa) ^{FD}.



Fotografía 12. Atemperador Felisa ^{FD}.

7.6.3. ASIGNACION ALEATORIA DE LOS ESPECIMENES A LOS GRUPOS DE ESTUDIO.

8) Las muestras se dividieron aleatoriamente en dos grupos (n= 30) según la técnica de remoción del HC, de la siguiente manera.

- Grupo 1: Remoción con lima maestra (Fotografía 14).
- Grupo 2: Activación ultrasónica (Fotografía 13).



Fotografía 13. Irrigación ultrasónica pasiva ^{FD}.

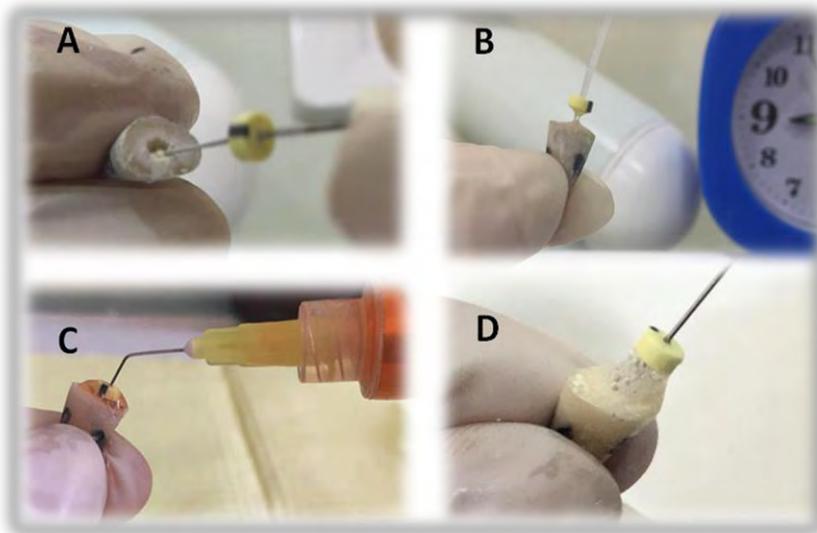


Fotografía 14. Remoción con lima apical final ^{FD}.

9) Cada grupo se dividirá en 3 sub grupos (n=10) dependiendo del agente quelante o irrigante que se utilizara para el protocolo de irrigación final, en todos los casos la medicación comenzó a retirarse con hipoclorito de sodio y una lima de bajo calibre, posteriormente, se llevaron a cabo los siguientes protocolos de irrigación final:

- Grupo 1 A: 5 ml solución salina + 1ml de EDTA 17% por 3 minutos + instrumentación con lima maestra + enjuague final con 5ml solución salina.
- Grupo 1B: 5 ml solución salina + 5ml de ácido cítrico al 20% por 3 minutos + instrumentación con lima maestra + enjuague final con 5ml solución salina.

- Grupo 1C: hipoclorito al 2.5% + peróxido de hidrógeno al 3%+ instrumentación con lima maestra+ enjuague final con 5ml solución salina.
- Grupo 2 A: 5 ml solución salina + 5ml de EDTA 17% por 3 minutos +activación ultrasónica por 30 segundos + enjuague final con 5 ml solución salina.
- Grupo 2B: 5 ml solución salina + 1ml de ácido cítrico al 20% por 3 minutos + activación ultrasónica por 30 segundos + enjuague final con 5 ml solución salina.
- Grupo 2C: hipoclorito al 5.25% + peróxido de hidrógeno al 3%+ activación ultrasónica por 30 segundos + un enjuague final con 5 ml solución salina.



Fotografía 15. Remoción de excedentes de hidróxido de calcio con una lima de bajo calibre (A). Colocación de EDTA 17% (B). Colocación de ácido cítrico 20% (C). Reacción de efervescencia al colocar peróxido de hidrógeno 3% e hipoclorito de sodio 2.5% (D)^{FPD}.

10) Los conductos se secaron con puntas de papel y se realizaron dos acanaladuras con un disco de diamante en las caras mesial y distal a lo largo de la raíz, para su posterior segmentación con un cortatubos. Se obtuvieron dos mitades (vestibular y lingual) de cada espécimen.



Fotografía 16. Se realizaron acanaladuras con un disco de diamante ^{FD}.

- 11) Los especímenes fueron observados con un estereoscopio y se obtuvieron dos imágenes digitales de cada espécimen (una por cada mitad).
- 12) Se midió el área ocupada por el hidróxido de calcio (mm^2) remanente a través del programa ImageJ, en cada una de las mitades.



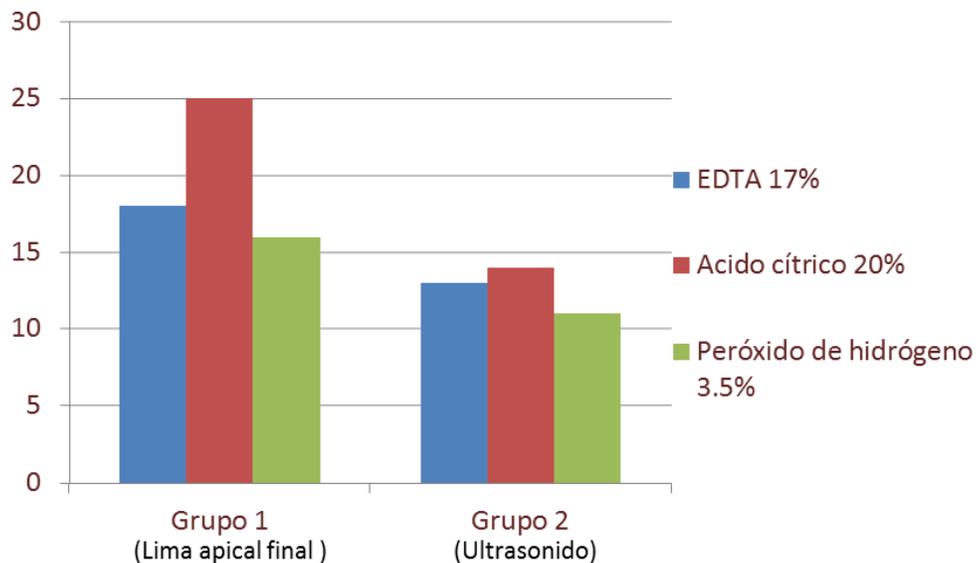
Fotografía 17. Se obtuvieron dos imágenes digitales por cada espécimen ^{FD}.

8. PLAN DE ANÁLISIS.

Análisis estadístico ANOVA y prueba Post Hoc DMS.

9. RESULTADOS.

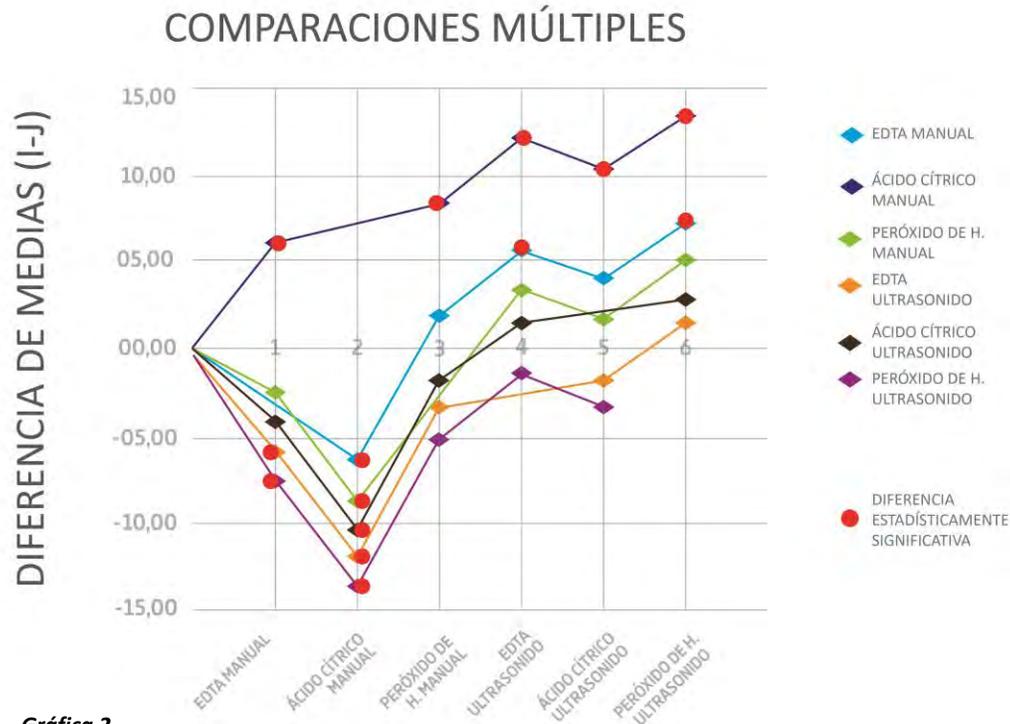
Los valores obtenidos por sub-grupo están dados en porcentaje (Gráfica 1). Este porcentaje se pudo obtener una vez establecida el área total del conducto y el área total que ocupaban los residuos, los cuales fueron obtenidos en mm² (Anexo 1).



Gráfica 1. Sub-Grupo 1 A: 18.90%, Sub-Grupo 1 B: 25.27%, Sub-Grupo 1 C: 16.82%, Sub-Grupo 2 A: 13.17%, Sub-Grupo 2 B: 14.79%, Sub-Grupo 2 C: 11.75%.

En la Gráfica 1 observamos que la técnica que dejó menor porcentaje de residuos fue en la que se combinó peróxido de hidrógeno y activación ultrasónica. Y la que dejó mayor porcentaje de residuos fue en la que se utilizó ácido cítrico y remoción con la lima apical final.

Para saber si existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, se llevó a cabo el análisis estadístico ANOVA (Anexo 2, Tabla 2). El cual nos dice que existe diferencia estadística significativa al menos en un grupo, ya que el valor de p es menor a 0.05 ($p < 0.001$).



Gráfica 2.

Para saber en qué grupo o grupos están las diferencias, se realizó la prueba Post Hoc DMS. (Anexo 2, Tabla 3). Al hacer las comparaciones múltiples, se observaron diferencias estadísticamente significativas en los siguientes subgrupos (Gráfica 2):

En subgrupo de ácido cítrico con instrumentación manual tuvo significativamente mayor cantidad de residuos que todos los subgrupos. Por lo cual, los demás subgrupos tuvieron significativamente menor cantidad de residuos que este.

El subgrupo de EDTA con instrumentación manual tuvo significativamente mayor cantidad de residuos que el subgrupo de EDTA con ultrasonido y que el de Peróxido de hidrógeno con ultrasonido.

El subgrupo de EDTA con ultrasonido tuvo significativamente menor cantidad de residuos que el subgrupo de EDTA con instrumentación manual.

El subgrupo de peróxido de hidrógeno con ultrasonido tuvo significativamente menor cantidad de residuos que el EDTA con instrumentación manual.

10. DISCUSIÓN

En 2006 David M. Keene y cols.¹⁶ Reportaron que la adición de activación ultrasónica a las técnicas de irrigación da como resultado conductos más limpios. En un estudio similar realizado en 2010 por Balvedi et al.¹⁷ Se menciona que la mayor velocidad y el mayor volumen de flujo de irrigación creado por la irrigación ultrasónica pasiva explican su eficacia para expulsar los residuos de hidróxido de calcio de los conductos radiculares. Por el contrario, la irrigación con jeringa es relativamente débil y depende no solo de la anatomía del conducto radicular, sino también de la profundidad de colocación y el diámetro de la aguja. En esta investigación obtuvimos resultados similares ya que en el grupo de irrigación ultrasónica pasiva se encontraron menos residuos que en el grupo de eliminación manual con lima apical final.

En adición, estudios posteriores (Deepak et al. 2017)¹⁸ mencionan que durante la irrigación ultrasónica pasiva se producen micro corrientes acústicas y cavitación, que provocan un patrón de transmisión de ondas específico dentro del conducto radicular desde el tercio apical hasta el coronal. Debido a esto se pueden eliminar más restos de dentina del conducto radicular, incluso desde lugares remotos en el conducto radicular. Probablemente los mismos mecanismos son responsables de la eliminación más efectiva del hidróxido de calcio durante la irrigación ultrasónica pasiva en comparación con la administración con jeringa del irrigante. Esto explica porque se obtuvieron mejores resultados en el grupo de irrigación ultrasónica pasiva.

En cuanto a los irrigantes utilizados, Da Silva (2011)¹⁹ menciona que la irrigación con hipoclorito de sodio, en sus diferentes concentraciones, no es eficaz para eliminar la medicación de hidróxido de calcio. Esto pudiera ser porque su actividad se limita a disolver materia orgánica, no materia inorgánica, como lo son los residuos de

hidróxido de calcio. Por lo cual en este estudio se adicionaron agentes quelantes y desmineralizantes a las técnicas de irrigación.

En 2009 Salgado ²⁰ explica que el hipoclorito de sodio que se usa en endodoncia, en diferentes concentraciones, tiene excelentes resultados en la desinfección de los conductos radiculares. Sin embargo, la eficacia de este irrigante podría mejorarse al asociarlo con un lubricante a base de peróxido, como Gly-Oxide, RC-PREP y Endo-PTC, causando menos fricción, suspendiendo los desechos para una eliminación más fácil y mejorando la permeabilidad de la pared. Estos lubricantes contienen peróxido de carbamida y peróxido de urea, los cuales al entrar en contacto con el hipoclorito de sodio tienen una reacción de efervescencia, lo mismo sucedió con el peróxido de hidrogeno utilizado en este estudio, lo cual sugiere que el burbujeo que se genera dentro del conducto es el que ayuda a que las partículas de hidróxido de calcio se desprendan de la pared del conducto.

En 2006 Nandini et al.²¹ Observaron que el ácido cítrico 10% se comportó mejor en comparación con la solución de EDTA al 17% en la eliminación de Metapex. Esto no concuerda con nuestros resultados, sin embargo, podría deberse a que EDTA quela los iones de calcio en el agua, y el ácido cítrico es capaz de penetrar mejor en el aceite de silicona (que es el vehículo utilizado en el Metapex) en comparación con el EDTA y quelar los iones de calcio.

En 2017 Chokattu et al.¹⁵ Compararon la eficacia EDTA al 17% con ácido cítrico al 10% en la eliminación de hidróxido de calcio mezclado con un vehículo acuoso, obteniendo mejores resultados con el EDTA al 17%. Esto concuerda con nuestros resultados y con lo mencionado por Nandini et al. en 2006.²¹ El ácido cítrico ha demostrado ser eficiente en la eliminación de la capa de barrillo dentinario. Sin embargo, la eficiencia de eliminación de la capa de barrillo dentinario puede no traducirse en una eficacia de eliminación de hidróxido de calcio, esto puede explicarse por el hecho de que la propiedad de quelación del ácido cítrico depende,

no solo de la acción quelante física directa, sino también del pH de la solución. El ácido cítrico es un quelante ineficaz a pH neutro. Es posible que el pH altamente alcalino del hidróxido de calcio eleve el pH del ácido cítrico hacia la neutralidad, limitando así la su efectividad.

En cuanto al hidróxido de calcio, en 1999 Fava y Saunders ⁵ observaron que el vehículo al que se mezcla para formar la pasta utilizada en endodoncia, afecta las propiedades físicas y químicas del compuesto y, por lo tanto, sus aplicaciones clínicas. En general, los vehículos viscosos y aceitosos prolongan la acción del hidróxido de calcio en comparación con las sustancias solubles en agua. En el mismo año Lambrianidis et al.²² enfatizan el hecho de que el vehículo usado para mezclar pasta de hidróxido de calcio es importante para una eliminación completa. Ya que ellos observaron que, la forma del polvo en agua destilada se eliminó en un 96% a 99% en comparación con el aceite de silicona, que se eliminó en un 73% a 89%. Los resultados revelaron que el contenido de hidróxido de calcio no influye en la eficiencia de eliminación de las paredes del conducto radicular. Sin embargo, al aumentar la viscosidad del vehículo utilizado, aumentan sus propiedades de manipulación y con ello la dificultad en su eliminación.

11. CONCLUSIONES

No se cumplió la hipótesis de investigación, que fue la que proponía que la irrigación ultrasónica más EDTA 17% nos daría como resultados conductos más limpios que las otras técnicas.

Ninguna de las técnicas logra eliminar por completo el hidróxido de calcio del conducto.

Independientemente del irrigante utilizado, los restos se encontraron principalmente en la región apical.

Un protocolo que combine hipoclorito de sodio como solución irrigante alternado con peróxido de hidrógeno y energización ultrasónica, es el más eficaz para remover la pasta de hidróxido de calcio.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Soares IJ, Goldberg F. Endodoncia: técnica y fundamentos. 2° Ed. Buenos Aires, Medica panamericana, 2012.Pp. 21.
2. Hargreaves KM, Berman LH, COHEN VÍAS de la PULPA. 11° Ed, Barcelona, ELSEVIER, 2016. Pp. 249-265, 599-602.
3. Estrela C. Ciencia Endodóntica., Brasil, Editora Artes Médicas Ltda, 2005. Pp. 160-173, 416- 527.
4. De Lima ME. ENDODONCIA, Ciencia y tecnología., Venezuela, AMOLCA, 2016.Pp. 539- 570.
5. Fava LRG, Saunders WP. Calcium hydroxide pastes, classification and clinical indications. Int End Jou. 1999, Vol. 32, 257-282.
6. Canalda Salhi C, Brau Aguadé E. Endodoncia Técnicas clínicas y bases científicas. 3° Ed. Barcelona, España. Elsevier Masson, 2014. P. 98-101, 186-190, 198-2003.
7. Sánchez, J, Guerrero J, Elorza H, Garcia RL. Influencia del hidróxido de calcio como medicación intraconducto en la microfiltración apical. *Rev. odont. mex* . 2011, vol.15, pp.224-230.
8. Berutti E, Gaglian M. Manual de endodoncia, Italia, AMOLCA, 2017.Pp. 328-331, 503-510.
9. Torabinejad M, Walton RE, ENDODONCIA PRINCIPIOS Y PRÁCTICA. 4° Ed, Barcelona, ELSEVIER, 2010. Pp.263-265, 279-282.
10. Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. End Top. 2012. Pp. 74-102.
11. Rossi-Fedele G, Dogramaci EJ, Guastalli AR, Poli de Figueiredo JA. Antagonistic Interaction between Sodium Hypochlorite, Clorhexidine, EDTA and Citric Acid. J Endod. P. 426-431.

12. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int End Jou*, 2003. Pp. 810-830.
13. Machado LF, González S, González MP. Decalcification of root canal dentine by citric acid, EDTA and sodium citrate. *Int End Jou*, 2004. Pp. 365-369.
14. Yamaguchi M, Yoshida K, Suzuki R, Nakamura H. Root Canal Irrigation with Citric Acid Solution. *J Endod*. 1996, Pp. 27-29.
15. Chockattu SJ, Deepak BS, Mallikarjun K. Comparison of efficiency of etilendiaminetetraacetic acid, citric acid, and etidronate in the removal of calcium hydroxide intracanal medicament using scanning electron microscopic analysis: An in-vitro study. *J Conserv Dent*. 2017. Pp. 1-11.
16. Keene DM, Allemang JD, Johnson JD, Hellstein J, Nichol BK. A Quantitative Assessment of Efficacy of Various Calcium Hydroxyde Removal Techniques. *JOE*, 2006, Vol. 32, 563- 565.
17. Balvedi RP, Versiani MA, Manna FF, Biffi JCG. A comparison of two techniques for the removal of calcium hydroxide from the root canals. *Int Endod J* 2010;43:763–768.
18. Kirar DS, Jain P, Patni P. Comparison of different irrigation and agitation methods for the removal of two types of calcium hydroxide medicaments from the root canal wall: an in-vitro study. *Clujul Med*. 2017;90(3):327-332.
19. Da Silva JM, Silveira A, Santos E, Prado L, Pessoa. Efficacy of sodium hypochlorite, ethylenediaminetetraacetic acid, citric acid and phosphoric acid in calcium hydroxide removal from the root canal: a microscopic cleanliness evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011;112(6):820-824.
20. Salgado RJ, Moura-Netto C, Yamazaki AK, Cardoso LN, Maranhao de Moura AA, Prokopowitsch I. Comparison of different irrigants on calcium Hydroxide

medication removal: microscopic cleanliness evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.*, 2009, Vol. 107, 580-584.

21. Nandini S, Velmurugan N, Kandaswamy D. Removal Efficiency of Calcium Hydroxide Intracanal Medicament With Two Calcium Chelators: Volumetric Analysis Using Spiral CT, An In Vitro Study. *JOE*, 2006, Vol. 32, 1097-1101.
22. Lambrianidis T, Magelos J, Beltes P. Removal Efficiency of Calcium Hydroxide Dressing from the Rot Canal. *J Endod*, 1999, Vol 25, 85-88.
23. Heling I., Chandler NP. Antimicrobial effect of irrigant combinations within dentinal tubules. *Int End Jou*, 1998. Pp. 8-14.
24. Calt S, Serper A. Time-Dependent Effects of EDTA on Dentin Structures. *J Endod*. 2002, Vol. 28, 17-19.
25. Mello I, Robazza CRC, Antoniazzi JH, Coil J. Influence of different volumes of EDTA for final rinse on smear layer removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.*, 2008, Vol. 106, e40-e43.
26. Ballal NV, Kundabala M, Bhat S, Rao N, Satish Rao BS. A comparative in vitro evaluation of cytotoxic effects of EDTA and maleic acid: Root canal irrigants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.*, 2009, Vol. 108, 633-638.
27. Ballal NV, Kandian S Mala K, Bhat KS, Achraya S. Comparison of the Efficacy of Maleic Acid and Ethylenediaminetetraacetic Acid in Smear Layer Removal from Instrumented Human Root Canal: A Scanning Electron Microscopic Study. *JOE*, 2009, Vol. 35, 1573-1576.
28. Kuga MC, Tanomaru-Filho M, Faria G, Só MV, Galletti T, Bavello JR. Calcium hydroxide intracanal dressing removal with different rotary instruments and irrigating solutions: a scanning electron microscopy study. *Braz Dent J*. 2010;21:310-314
29. Tasdemir T, Celik D, Er K, Yildirim T, Ceyhanli KT, Yesilyurt C. Efficacy of several techniques for the removal of calcium hydroxide medicament from root canals. *Int Endod J* 2011;44; 505–509.

30. Ballal NV, Kumar SR, Laxmikanth HK, Saraswathi MV. Comparative evaluation of different chelators in removal of calcium hydroxide preparations from root canals. *Aust Dent J.* 2012; 57(3):344- 348.
31. Phillips M, McClanahan S, Bowles W. A titration model for evaluating calcium hydroxide removal techniques. *J Appl Oral Sci.* 2015;23:94-10
32. Lins PD, Nogueira BC, Fagundes NC, Silva FR, Lima RR. Analysis of the effectiveness of calcium hydroxide removal with variation of technique and solvent vehicles. *Indian J Dent Res.* 2015;26:304- 308.
33. Raghu R, Pradeep G, Shetty A, Gautham PM, Puneetha PG, Reddy TV. Retrieval of calcium hydroxide intracanal medicament with three calcium chelators, ethylenediaminetetraacetic acid, citric acid, and chitosan from root canals: An in vitro cone beam computed tomography volumetric analysis. *J Conserv Dent.* 2017;20:25-29.
34. Arias MP, Maliza AG, Midence RZ, Graeff MS, Duarte MA, Andrade FB. Effect of ultrasonic streaming on intra-dental disinfection and penetration of calcium hydroxide paste in endodontic treatment. *J Appl Oral Sci.* 2016; 24:575-581.
35. Basrani B. Endodontic Irrigation. Chemical Disinfection of the Root Canal System. 1^o Ed. Toronto, Canada. Springer 2016.

FD (Fuente directa)

13. ANEXOS.

Anexo 1. Tabla de Residuos.

#	Área (mm ²)	Residuos cervicales (mm ²)	Residuos medios (mm ²)	Residuos apicales (mm ²)	Total residuos	Porcentaje residuos
1P	8.8	0	0	1.4	1.40	15.9%
1S	7.8	.16	.17	.92	1.25	16.0%
2P	8.1	.44	0	1.20	1.64	20.0%
2S	8.8	.35	.39	.24	.98	11.1%
3P	7.9	.15	1.03	2.0	3.18	40%
3S	8.2	.40	.39	.88	1.67	20.3%
4P	7.9	1.10	0	1.0	2.10	26.5%
4S	PERDIDO	PERDIDO	PERDIDO	PERDIDO		PERDIDO
5P	8.4	0	.40	1.60	2.00	23.8%
5S	7.8	.99	.22	.63	1.84	23.5%
6P	8.0	.29	.86	1.23	2.38	29.4%
6S	6.9	.12	.88	.29	1.29	18.6%
7P	4.4	.16	0	.56	.72	16.3%
7S	8.0	.80	0	1.70	2.50	31.2%
8P	9.8	0	.27	.64	.91	9.2%
8S	7.1	0	.80	0	.80	11.2%
9P	5.8	.12	.06	.51	.69	11.8%
9S	6.1	0	0	.59	.59	9.6%
10P	5.1	0	0	.83	.83	16.2%
10S	6.8	.07	.16	.39	.62	9.1%
11P	8.1	.31	1.40	.78	2.49	30.7%
11S	7.8	.59	.80	.95	2.34	30%
12P	9.9	0	1.60	1.60	3.20	32%
12S	9.4	0	.69	.90	1.59	16.9%
13P	PERDIDO	PERDIDO	PERDIDO	PERDIDO		PERDIDO
13S	PERDIDO	PERDIDO	PERDIDO	PERDIDO		PERDIDO
14P	7.6	0	.44	1.00	1.44	18.9%
14S	4.1	.07	.10	.72	.89	21.7%
15P	9.1	0	.89	1.50	2.39	26.2%
15S	7.7	.54	.55	2.30	3.39	44%
16P	6.8	0	0	1.80	1.80	26.4%
16S	6.9	0	0	.39	.39	5.7%
17P	9.4	0	1.61	.96	2.57	27.3%

#	Área (mm ²)	Residuos cervicales (mm ²)	Residuos medios (mm ²)	Residuos apicales (mm ²)	Total residuos	Porcentaje residuos
17S	6.3	0	.28	.89	1.17	18.5%
18P	9.7	2.20	0	0	2.20	22.6%
18S	10	.58	0	.86	1.44	14.4%
19P	5.5	0	.49	.98	1.47	26.7%
19S	6.8	0	.85	.99	1.84	27.0%
20P	10	2.5	0	.94	3.44	34.4%
20S	9.1	1.00	1.10	.96	3.06	33.6%
21P	8.4	.98	.52	1.01	2.51	29.8%
21S	9	0	.37	1.70	2.07	23.0%
22P	9.1	0	0	1.0	1.0	10.9%
22S	8.5	.15	.15	.50	.80	9.3%
23P	8.1	0	.92	1.11	2.03	25.0%
23S	6.6	0	1.10	.74	1.84	27.8%
24P	6.9	.27	0	.38	.65	9.4%
24S	7.4	.18	.31	.60	1.09	14.7%
25P	7.7	0	.81	1.80	2.61	33.8%
25S	7.9	0	2.13	.58	2.71	34.3%
26P	8.1	0	0	.39	.39	4.8%
26S	8.4	0	.84	.59	1.48	17.6%
27P	8.1	0	.29	1.50	1.79	22%
27S	7.9	0	.49	.17	.66	8.3%
28P	7.2	0	0	1.30	1.30	18.0%
28S	10	0	0	.50	.50	5.0%
29P	9.7	0	0	1.70	1.70	17.5%
29S	10.2	0	0	.69	.69	6.7%
30P	7.9	0	.09	.33	.42	5.3%
30S	8.1	.57	.20	.30	1.07	13.2%
31P	8.2	0	0	2.20	2.20	26.8%
31S	6	0	0	.46	.46	7.6%
32P	10.3	0	0	1.60	1.60	15.5%
32S	8.7	0	0	1.20	1.20	13.7%
33P	6.6	0	0	.40	.40	6.0%
33S	10.2	0	.05	.97	1.02	10.0%
34P	8.1	.84	0	.98	1.82	22.4%
34S	10.3	0	0	1.30	1.30	12.6%
35P	8.5	0	.70	.36	1.06	12.4%
35S	8.4	0	1.60	.24	1.84	21.9%
36P	7.1	.56	.46	.19	1.21	17.1%

#	Área (mm ²)	Residuos cervicales (mm ²)	Residuos medios (mm ²)	Residuos apicales (mm ²)	Total residuos	Porcentaje residuos
36S	7.5	0	0	.50	.50	6.6%
37P	8.5	0	.29	.45	.74	8.7%
37S	7.9	0	.96	.40	1.36	17.2%
38P	8.4	0	0	1.30	1.30	15.4%
38S	8.4	0	0	.60	.60	7.1%
39P	9.5	0	0	.20	.20	2.1%
39S	8.2	0	0	1.15	1.15	14.0%
40P	10	0	.93	.39	1.32	13.2%
40S	7.3	0	.29	.68	.97	13.2%
41P	6.8	0	.06	.09	.15	2.2%
41S	7.7	0	0	.30	.30	3.8%
42P	8.7	0	.17	1.50	1.67	19.1%
42S	9.2	0	0	1.20	1.20	13.0%
43P	7.0	0	1.20	.91	2.11	30.1%
43S	7.2	0	.46	.61	1.07	14.8%
44P	8.7	.67	1.20	.17	2.04	23.4%
44S	9.4	0	.85	1.90	2.75	29.2%
45P	8.8	0	0	.27	.27	3.0%
45S	8.3	0	0	.52	.52	6.2%
46P	6	0	.70	.33	1.03	17.1%
46S	4.8	0	.47	.57	1.04	21.6%
47P	6.9	0	.99	.64	1.63	23.6%
47S	7.5	0	.40	.83	1.23	16.4%
48P	9.5	.70	.55	.52	1.77	18.6%
48S	PERDIDO	PERDIDO	PERDIDO	PERDIDO		PERDIDO
49P	9.2	.29	.27	.23	.79	8.5%
49S	9.0	0	0	.24	.24	2.6%
50P	7.4	.38	0	.75	1.13	15.9%
50S	6.2	0	.36	.39	.75	12.0%
51P	7.7	0	0	.31	.31	4.0%
51S	7.9	0	0	.82	.82	10.3%
52P	7.1	0	0	.24	.24	3.3%
52S	7.4	0	0	1.20	1.20	16.9%
53P	6.7	0	.86	.97	1.83	27.3%
53S	8.9	0	0	1.30	1.30	14.6%
54P	6.7	0	0	.89	.89	13.2%
54S	6.3	0	.90	.33	1.23	19.5%
55P	8.7	0	0	.45	.45	5.1%

55S	10.5	0	0	1.20	1.20	11.4%
56P	8	0	0	1.40	1.40	17.5%
56S	7.8	0	1.10	1.10	2.20	28.2%
57P	9.0	0	.13	.31	.44	4.8%
57S	8.5	0	.21	.38	.59	6.9%
58P	7.8	0	.28	.38	.64	8.2%
58S	6.5	0	.70	.15	.85	13.0%
59P	8.0	0	0	.64	.64	8.0%
59S	PERDIDO	PERDIDO	PERDIDO	PERDIDO		PERDIDO
60P	10	0	.60	0	.60	6.0%
60S	7.1	0	0	.37	.37	5.2%
61P	11.0	-----	----	----	11.0	
61S	9.1	-----	----	----	9.1	
62P	6.9	-----	----	----	6.9	
62S	7.6	-----	----	----	7.6	
63P	6.3	-----	----	----	0	
63S	5.6	-----	----	----	0	
64P	8.2	-----	----	----	0	
64S	8.2	-----	----	----	0	

Anexo 2. Estudio Estadístico.

Tabla 1. Se muestra la media del área que ocupan los residuos de hidróxido de calcio obtenido en cada subgrupo.

Informe

Total de residuos

Tratamiento	Media	N	Desviación estándar
Remoción manual con lima apical final y EDTA 17%	1.4416	19	.73963
Remoción manual con lima apical final y ácido cítrico 20%	2.0617	18	.87543
Remoción manual con lima apical final y peróxido de hidrógeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	1.3655	20	.75450
Remoción con ultrasonido y EDTA 17%	1.1125	20	.52403
Remoción con ultrasonido y ácido cítrico 20%	1.1416	19	.71536
Remoción con ultrasonido y peróxido de hidrógeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	.9053	19	.53032
control positivo	8.6500	4	1.81567
control Negativo	.0000	4	.00000
Total	1.5248	123	1.55436

Tabla 2. Prueba estadística ANOVA, existe diferencia estadística significativa en la media de porcentaje de residuos, por lo menos de un grupo, esto lo podemos constatar por el valor de p que es menor a 0.05. ($p < 0.001$).

ANOVA

Porcentaje de residuos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	30526.931	7	4360.990	67.496	.000
Dentro de grupos	7430.284	115	64.611		
Total	37957.215	122			

Tabla 3. Prueba Post Hoc DMS.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Porcentaje de residuos
DMS

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Remoción manual con lima apical final y EDTA 17%	Remoción manual con lima apical final y ácido cítrico 20%	-6.45731*	2.64388	.016	-11.6943	-1.2203
	Remoción manual con lima apical final y peróxido de hidrogeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	2.11158	2.57510	.414	-2.9892	7.2124
	Remoción con ultrasonido y EDTA 17%	5.75658*	2.57510	.027	.6558	10.8574
	Remoción con ultrasonido y ácido cítrico 20%	4.13684	2.60791	.115	-1.0289	9.3026
	Remoción con ultrasonido y peróxido de hidrógeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	7.17368*	2.60791	.007	2.0079	12.3394
	control positivo	-81.06842*	4.42192	.000	-89.8274	-72.3094
	control Negativo	18.93158*	4.42192	.000	10.1726	27.6906
Remoción manual con lima apical final y ácido cítrico 20%	Remoción manual con lima apical final y EDTA 17%	6.45731*	2.64388	.016	1.2203	11.6943
	Remoción manual con lima apical final y peróxido de hidrogeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	8.56889*	2.61153	.001	3.3960	13.7418
	Remoción con ultrasonido y EDTA 17%	12.21389*	2.61153	.000	7.0410	17.3868
	Remoción con ultrasonido y ácido cítrico 20%	10.59415*	2.64388	.000	5.3571	15.8312
	Remoción con ultrasonido y peróxido de hidrógeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	13.63099*	2.64388	.000	8.3940	18.8680
	control positivo	-74.61111*	4.44323	.000	-83.4123	-65.8099
	control Negativo	25.38889*	4.44323	.000	16.5877	34.1901
Remoción manual con lima apical final y peróxido de hidrogeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	Remoción manual con lima apical final y EDTA 17%	-2.11158	2.57510	.414	-7.2124	2.9892
	Remoción manual con lima apical final y ácido cítrico 20%	-8.56889*	2.61153	.001	-13.7418	-3.3960
	Remoción con ultrasonido y EDTA 17%	3.64500	2.54187	.154	-1.3900	8.6800
	Remoción con ultrasonido y ácido cítrico 20%	2.02526	2.57510	.433	-3.0755	7.1260
	Remoción con ultrasonido y peróxido de hidrógeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	5.06211	2.57510	.052	-.0387	10.1629
	control positivo	-83.18000*	4.40265	.000	-91.9008	-74.4592
	control Negativo	16.82000*	4.40265	.000	8.0992	25.5408

Remoción con ultrasonido y EDTA 17%	Remoción manual con lima apical final y EDTA 17%	-5.75658*	2.57510	.027	-10.8574	-.6558
	Remoción manual con lima apical final y ácido cítrico 20%	-12.21389*	2.61153	.000	-17.3868	-7.0410
	Remoción manual con lima apical final y peróxido de hidrógeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	-3.64500	2.54187	.154	-8.6800	1.3900
	Remoción con ultrasonido y ácido cítrico 20%	-1.61974	2.57510	.531	-6.7205	3.4810
	Remoción con ultrasonido y peróxido de hidrógeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	1.41711	2.57510	.583	-3.6837	6.5179
	control positivo	-86.82500*	4.40265	.000	-95.5458	-78.1042
	control Negativo	13.17500*	4.40265	.003	4.4542	21.8958
Remoción con ultrasonido y ácido cítrico 20%	Remoción manual con lima apical final y EDTA 17%	-4.13684	2.60791	.115	-9.3026	1.0289
	Remoción manual con lima apical final y ácido cítrico 20%	-10.59415*	2.64388	.000	-15.8312	-5.3571
	Remoción manual con lima apical final y peróxido de hidrógeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	-2.02526	2.57510	.433	-7.1260	3.0755
	Remoción con ultrasonido y EDTA 17%	1.61974	2.57510	.531	-3.4810	6.7205
	Remoción con ultrasonido y peróxido de hidrógeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	3.03684	2.60791	.247	-2.1289	8.2026
	control positivo	-85.20526*	4.42192	.000	-93.9642	-76.4463
	control Negativo	14.79474*	4.42192	.001	6.0358	23.5537
Remoción con ultrasonido y peróxido de hidrógeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	Remoción manual con lima apical final y EDTA 17%	-7.17368*	2.60791	.007	-12.3394	-2.0079
	Remoción manual con lima apical final y ácido cítrico 20%	-13.63099*	2.64388	.000	-18.8680	-8.3940
	Remoción manual con lima apical final y peróxido de hidrógeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	-5.06211	2.57510	.052	-10.1629	.0387
	Remoción con ultrasonido y EDTA 17%	-1.41711	2.57510	.583	-6.5179	3.6837
	Remoción con ultrasonido y ácido cítrico 20%	-3.03684	2.60791	.247	-8.2026	2.1289
	control positivo	-88.24211*	4.42192	.000	-97.0011	-79.4831
	control Negativo	11.75789*	4.42192	.009	2.9989	20.5169

control positivo	Remoción manual con lima apical final y EDTA 17%	81.06842*	4.42192	.000	72.3094	89.8274
	Remoción manual con lima apical final y ácido cítrico 20%	74.61111*	4.44323	.000	65.8099	83.4123
	Remoción manual con lima apical final y peróxido de hidrógeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	83.18000*	4.40265	.000	74.4592	91.9008
	Remoción con ultrasonido y EDTA 17%	86.82500*	4.40265	.000	78.1042	95.5458
	Remoción con ultrasonido y ácido cítrico 20%	85.20526*	4.42192	.000	76.4463	93.9642
	Remoción con ultrasonido y peróxido de hidrógeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	88.24211*	4.42192	.000	79.4831	97.0011
	control Negativo	100.00000*	5.68380	.000	88.7415	111.2585
control Negativo	Remoción manual con lima apical final y EDTA 17%	-18.93158*	4.42192	.000	-27.6906	-10.1726
	Remoción manual con lima apical final y ácido cítrico 20%	-25.38889*	4.44323	.000	-34.1901	-16.5877
	Remoción manual con lima apical final y peróxido de hidrógeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	-16.82000*	4.40265	.000	-25.5408	-8.0992
	Remoción con ultrasonido y EDTA 17%	-13.17500*	4.40265	.003	-21.8958	-4.4542
	Remoción con ultrasonido y ácido cítrico 20%	-14.79474*	4.42192	.001	-23.5537	-6.0358
	Remoción con ultrasonido y peróxido de hidrógeno 3.5% + hipoclorito de sodio al 2.5%	-11.75789*	4.42192	.009	-20.5169	-2.9989
	control positivo	-100.00000*	5.68380	.000	-111.2585	-88.7415

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

En la primera columna aparecen los tratamientos “I”, esto significa que es el grupo de referencia con el cual se comparan los demás. En la segunda columna, aparecen los tratamientos “J”, que representan a cada uno de los grupos restantes.

Los resultados de esta comparación aparecen en la tercera columna titulada “Diferencia de medias I-J”. En esta columna observamos el resultado de la diferencia entre la media de los porcentajes de residuos del tratamiento “I” con el tratamiento “J”.

En la quinta columna se encuentra el nivel de significancia (sig.), que es el valor de p. Por lo tanto, en aquellos grupos en los que la significancia sea menor a .05, habrá diferencias estadísticamente significativas.

En la columna “Diferencia de medias I-J”, hay cifras marcadas con asterisco, quiere decir que en esos grupos se encuentran las diferencias significativas. Algunas de las cifras marcadas, tienen un signo negativo, esto significa que la media del grupo de la columna “tratamiento J” es mayor que la media del grupo de la columna “tratamiento I”. En caso de que la cifra marcada sea positiva, significa que el grupo de la columna “tratamiento I” es mayor.