

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias de la Salud

**Determinación *in vitro* de la microdureza dentinaria luego de ser
expuesta a protocolos de irrigación que combinen hipoclorito de sodio,
EDTA, clorhexidina y ácido cítrico empleando un microdurómetro**

Mayra Valeria Crespo Peralta

José Maldonado, Dr. Endodncista, Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Odontóloga General

Quito, mayo de 2015

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Ciencias de la Salud

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

Determinación *in vitro* de la microdureza dentinaria luego de ser expuesta a protocolos de irrigación que combinen hipoclorito de sodio, EDTA, clorhexidina y ácido cítrico empleando un microdurómetro

Mayra Valeria Crespo Peralta

José Maldonado, Dr.
Director de Tesis

Nicolás Castrillón, Dr.
Miembro del Comité de Tesis

María Eugenia Brown, Dra.
Miembro del Comité de Tesis

Ana Cristina Viteri, Dra.
Miembro del Comité de Tesis

Fernando Sandoval, Dr.
Decano Escuela de Odontología

Quito, mayo de 2015

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: Mayra Valeria Crespo Peralta

C. I.: 1715952501

Lugar y fecha: Quito, mayo de 2015

DEDICATORIA

A Dios por guiarme en cada paso que doy, por ser mi fortaleza en todo momento, por iluminar mí camino.

A mi mami por apoyarme y creer en mí, por ser de las mejores personas que conozco, a quien amo, y admiro, a ella le debo todo lo que soy.

A mis tíos por quererme sobre todas las cosas, apoyarme a su manera y cuidar de mí todos estos años, en especial a mi ñaño por ser el hombre más importante de mi vida y tenerme una paciencia única.

A mis hermanos Chelsea, Javier y Andrew porque sin darse cuenta han sido mi mayor inspiración y por quienes daría todo en la vida.

A mi Wita, esto es para usted la quiero con todo el corazón.

Y a ti mi angelito, sé que desde el cielo vas a estar muy orgulloso de tu Titita, te amo papito.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todos los que me acompañaron a lo largo de estos cinco años y fueron mi fortaleza, mi alegría y mi apoyo.

Gracias a mi familia, mis profesores, mis amigos y a todos los que forman parte de la Clínica Odontológica de la USFQ por las risas, los llantos, por tantos buenos momentos que siempre llevaré en mi corazón.

Gracias a todos los que hicieron posible mi tesis, a los que me animaron, los que creyeron en mí y sé que me acompañarán a lo largo de mi vida.

Gracias a esa persona que ha sido mi apoyo incondicional, el que a pesar de todo ha estado aquí en todo momento, el que confía en mi cuando yo no lo hago. Gracias por tanto.

Gracias a todos, lo logramos

Resumen

El tratamiento endodóncico consta de varios procedimientos, entre ellos la irrigación. Éste es un aspecto de gran importancia, ya que facilita la instrumentación, desinfección y quelación de los conductos radiculares, pasos previos a la obturación de los mismos. Sin embargo, la irrigación puede provocar efectos nocivos en la dentina, disminuyendo su microdureza y comprometiendo la posterior rehabilitación de la pieza dental. El presente estudio tuvo como objetivo determinar *in vitro* la microdureza de la dentina luego de ser expuesta a diferentes protocolos de irrigación que combinaron hipoclorito de sodio, EDTA, clorhexidina y ácido cítrico mediante un microdurómetro tipo Vickers. Para esto, se emplearon 40 premolares unirradiculares humanos, los cuales fueron decoronados y cortados longitudinalmente en segmentos. Se escogieron 60 segmentos para ser irrigados y fueron divididos en 4 grupos experimentales. El grupo clorhexidina fue expuesto a hipoclorito de sodio al 5,25%, seguido de EDTA al 17% y clorhexidina al 2%. El grupo de ácido cítrico se irrigó con hipoclorito de sodio al 5,25% y ácido cítrico al 20%. El grupo de hipoclorito de sodio se sometió a hipoclorito de sodio al 5,25%, EDTA al 17% y nuevamente hipoclorito de sodio al 5,25%; finalmente, el grupo control se irrigó con agua destilada. Una vez realizadas las irrigaciones, se determinó la microdureza de cada grupo experimental mediante un microdurómetro tipo Vickers, obteniendo como resultado una disminución significativa de la misma. De esta manera, se concluyó que el grupo de hipoclorito de sodio fue el que menos disminuyó la microdureza dentinaria, después del grupo control; el grupo de ácido cítrico fue el que más afectó a la microdureza.

PALABRAS CLAVE: Hipoclorito de Sodio, Clorhexidina, EDTA, Ácido Cítrico, Microdureza dentinaria

Abstract

Irrigation is one of the most important endodontic procedures. It helps with instrumentation, disinfection, and chelation previous to the filling of the radicular space. However, irrigation can produce harmful effects on dentine like decreasing its microhardness, committing the subsequent rehabilitation of the tooth. The aim of this study was to determine *in vitro* dentine microhardness after being exposed to different irrigation protocols which included sodium hypochlorite, EDTA, chlorhexidine, and citric acid. Forty human single rooted premolars were decoronated and cut to get longitudinally segments. Sixty segments were chosen to be irrigated and were divided into four experimental groups. The chlorhexidine group was irrigated with 5.25% sodium hypochlorite, 17% EDTA, and 2% chlorhexidine. The citric acid group was irrigated with 5.25% sodium hypochlorite, 17% EDTA, and 20% citric acid. The sodium hypochlorite group was irrigated with 5.25% sodium hypochlorite, 17% EDTA, and 5.25% sodium hypochlorite again. Finally, the control group was irrigated only with distilled water. Once irrigations were done, microhardness was determined in all the groups using a Vickers indenter. The result was a statistically significant decrease in microhardness. It was concluded that the dentine microhardness was the highest in the control group, followed by the sodium hypochlorite group, and by the chlorhexidine group. The microhardness decreased the most in the citric acid group.

KEY WORDS: Sodium Hypochlorite, Chlorhexidine, EDTA, Citric Acid, Dentine Microhardness

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	7
Abstract	8
1. INTRODUCCIÓN.....	15
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. OBJETIVOS	17
3.1 General.....	17
3.2 Específicos	17
4. HIPÓTESIS	17
5. MARCO TEÓRICO	18
5.1 Complejo dentino pulpar	18
5.2 Histología de la dentina	19
5.3 Tipos de dentina.....	20
5.4 Cambios en la dentina.....	22
5.5 Propiedades físicas de la dentina	22
5.5.1 Microdureza de la dentina	23
5.6 Tratamiento pulpar.....	24
5.7 Irrigantes	26
5.7.1 Técnica de irrigación.....	29
5.7.2 Hipoclorito de sodio	30

5.7.3	Gluconato de clorhexidina	34
5.7.4	Quelantes	37
5.7.5	EDTA	38
5.7.6	Ácido Cítrico	41
5.7.7	Otros irrigantes	44
5.8	Obturación	44
6.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
6.1	Tipo de estudio.....	46
6.2	Muestra	46
6.3	Materiales.....	47
6.4	Metodología	48
6.4.1	Preparación de las muestras: corte y remoción de pulpa	48
6.4.2	Colocación de segmentos dentales en los bloques de acrílico y pulido	53
6.4.3	Tratamiento de los especímenes.....	55
6.4.4	Determinación de la microdureza	57
6.4.5	Análisis estadístico.....	59
7.	RESULTADOS.....	60
8.	DISCUSIÓN.....	66
9.	CONCLUSIONES.....	73
10.	RECOMENDACIONES	74

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS76

12. ANEXOS80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades del irrigante ideal.....	27
Tabla 2. Grupos experimentales	56
Tabla 3. Análisis Descriptivo de los grupos experimentales	60
Tabla 4. Prueba de Kolmogorov-Smirnov en los grupos experimentales	62
Tabla 5. Medianas de los grupos experimentales y grado de significancia prueba Kruskal-Wallis	63
Tabla 6. Diferencias estadísticamente significativas entre grupos experimentales	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Túbulos dentinarios descontaminados.....	20
Figura 2. Dentina peritubular e intertubular luego de ser irrigada.....	21
Figura 3. Premolares almacenados en solución salina.....	49
Figura 4. Premolares esterilizados	49
Figura 5. Preparación de la máquina de corte.....	50
Figura 6. Colocación de las muestras en la máquina de corte	50
Figura 7. Decoronación de las muestras en la máquina de corte	51
Figura 8. Muestra decoronada	51
Figura 9. Instrumentación de las muestras.....	52
Figura 10. Muestra segmentada longitudinalmente	52
Figura 11. Muestra colocada en bloque de acrílico	54
Figura 12. Muestra pulida con kit de pulido.....	54
Figura 13. Muestra pulida con pasta de pulido y disco de fieltro	55
Figura 14. Irrigación de especímenes	57
Figura 15. Muestra colocada en microdurómetro A. Muestra bajo lente 20X B. Muestra bajo indentador de diamante	58
Figura 16. Vista con lente 20X de la indentación realizada A. Cálculo diagonal mayor B. Cálculo diagonal menor	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Gráfico de cajones del análisis descriptivo de los grupos experimentales	61
Gráfico 2. Medianas de Grupos Experimentales	64

1. INTRODUCCIÓN

La Endodoncia es la rama de la Odontología que estudia la morfología, fisiología y patología de la pulpa. Se encarga de prevenir y tratar sus alteraciones y los efectos que dichas alteraciones pueden provocar a nivel periapical (Soares & Goldberg, 2002). La última etapa del tratamiento endodóncico es la obturación de los conductos radiculares. Mediante este procedimiento se logra obliterar los mismos y sellar el agujero apical empleando un material inerte y biocompatible que reemplaza el contenido original de la pulpa (Ortega & et al, 1987). De esta manera, se previenen infecciones posteriores por la migración de microorganismos, se evita la penetración del exudado, la liberación de toxinas y se mantiene aséptico al conducto radicular (Ortega & et al, 1987). Además, se elimina la filtración de toxinas al aparato de inserción y, de ésta manera, los tejidos están en posibilidad de sanar (Nageswar Rao, 2011).

Previo a la obturación, la irrigación es un paso de vital importancia. Este procedimiento es imprescindible para lograr desinfección, limpieza, disolución de tejidos orgánicos y eliminación de barrillo dentinario en el sistema de conductos. Sin embargo, se deben tomar en cuenta los efectos de estas acciones sobre la dentina. Entre esos efectos, están las alteraciones químicas en la estructura dentinaria que deterioran su microdureza y producen erosión. Esto ocasiona un debilitamiento radicular, perjudicando a la futura rehabilitación de la pieza dental y su permanencia en boca (Ulusoy & Görgül, 2013).

2. JUSTIFICACIÓN

Los estudios realizados sobre la microdureza dentinaria, normalmente, exponen a los diferentes irrigantes de manera individual para determinar cuál de ellos produce efectos sobre la estructura dentaria. Sin embargo, existen pocas investigaciones que evalúen los cambios en la microdureza de la dentina al ser sometida a diferentes protocolos de irrigación que integren dos o más de los irrigantes que se emplean en la actualidad. Consecuentemente, a través de este estudio *in vitro*, se busca combinar irrigantes como el hipoclorito de sodio, EDTA, clorhexidina y ácido cítrico, para poder determinar los efectos que éstos, en conjunto, producen en la dentina.

3. OBJETIVOS

3.1 General

Determinar *in vitro* la microdureza de la dentina tras ser expuesta a diferentes protocolos de irrigación que combinen hipoclorito de sodio, EDTA, clorhexidina y ácido cítrico empleando una técnica de indentación mediante un microdurómetro tipo Vickers (Wilson Hardness)

3.2 Específicos

- Determinar si hay una diferencia estadísticamente significativa en la microdureza dentinaria entre los diferentes protocolos integrados.
- Establecer el protocolo de irrigación que más afecta a la microdureza dentinaria.
- Definir si algunos de los protocolos de irrigación empleados no afectan a la microdureza de la dentina.

4. HIPÓTESIS

El protocolo de irrigación que combina hipoclorito de sodio con EDTA es el que más disminuye la microdureza de la dentina.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Complejo dentino pulpar

La pulpa es un tejido conectivo, laxo y especializado. Es el único tejido blando dentro de una pieza dental y se encuentra en el interior de la dentina reproduciendo la forma del diente al que pertenece (Gómez de Ferraris & et al, 2009). Tiene una comunicación con el ligamento periodontal gracias al foramen apical y a los conductos laterales (Soares & Goldberg, 2002). Este tejido se compone de células, fibras, matriz fundamental, nervios, vasos sanguíneos y linfáticos; la disposición de estas estructuras varía de acuerdo a la zona pulpar. La región periférica de la pulpa está constituida por odontoblastos, los cuales forman dentina (Barrancos Mooney & Barrancos, 2006).

Por su parte, la dentina es un tejido mineralizado que constituye el mayor volumen de la pieza dental y es el eje estructural del diente. En la porción coronaria, la dentina está cubierta por esmalte, mientras que en la zona radicular la rodea el cemento; en su interior, se encuentra la pulpa. La estructura de la dentina está dada por la matriz mineralizada y los túbulos dentinarios que albergan a los procesos odontoblásticos. Dichos procesos son prolongaciones de los odontoblastos y son los encargados de producir la matriz colágena de la dentina y la mineralización de la misma (Gómez de Ferraris & et al, 2009).

En base a lo descrito, la pulpa y la dentina conforman una unidad estructural ya que las prolongaciones odontoblásticas están dentro de la dentina. Además, conforman una unidad funcional ya que si bien la pulpa mantiene la vitalidad de la dentina, ésta, a su vez, la protege. Estos dos tejidos, al encontrarse en íntima relación y tener el mismo origen embrionario, el

ectomesénquima, forman el complejo dentino-pulpar. Así, su nutrición se da gracias a la abundante microvascularización y flujo sanguíneo en la zona de los odontoblastos.

Igualmente, su sensibilidad está dada por nervios sensitivos tanto en la pulpa como en la dentina, lo que favorece a las reacciones ante estímulos internos y externos (Barrancos Mooney & Barrancos, 2006).

5.2 Histología de la dentina

La dentina está compuesta por un 70% de materia inorgánica constituida por cristales de hidroxapatita, un 18% de materia orgánica conformada por colágeno tipo I y proteínas similares a las del hueso y un 12% de agua. Además, está formada por túbulos dentinarios, dentina intertubular y otros elementos estructurales. En consecuencia, presenta una gran permeabilidad y elasticidad. Dependiendo del lugar en el que se encuentre y del diente, su espesor varía entre 1 y 3 mm y sufre modificaciones debido a condiciones fisiológicas y patologías durante toda la vida de la pieza dental (Canalda & Brau, 2006).

Los túbulos dentinarios tienen forma cilíndrica y van desde la pulpa hasta el límite amelodentinario. Su trayecto es en forma de S itálica con curvaturas mayores en la corona que en la raíz, mientras que en el ápice no hay curvaturas, es recto. El número y diámetro de los túbulos depende del nivel en el que se encuentren. Por ejemplo, tienen una mayor cantidad y mayor diámetro en la dentina circumpulpar que en la dentina superficial. Dentro de los túbulos dentinarios se encuentran las prolongaciones de Tomes y, entre la pared del túbulo y el citoplasma, se encuentra el fluido dentinario, cristales de hidroxapatita, además de fibras amielínicas y colágenas (Canalda & Brau, 2006).

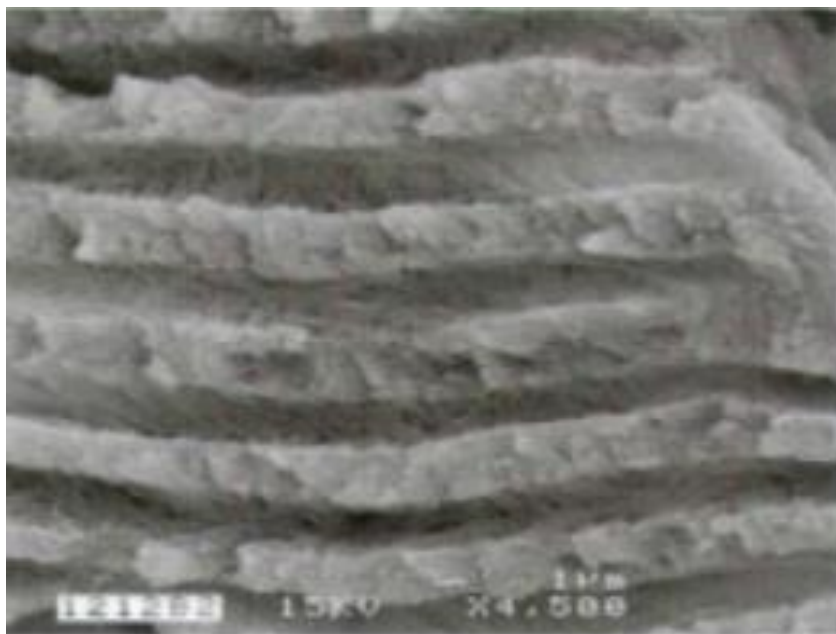


Figura 1. Túbulo dentinario descontaminado (Glassman, 2011)

Por su parte, la dentina intertubular tiene menos mineralización y contiene, en su mayoría, fibras colágenas que albergan cristales de hidroxiapatita. Finalmente, los otros elementos estructurales contienen líneas de crecimiento mayores o de Owen y menores o de Ebner, dentina interglobular (áreas irregulares) y la capa granulosa de Tomes (espacios en la dentina radicular) (Canalda & Brau, 2006).

5.3 Tipos de dentina

La dentina se puede clasificar por su formación y por su grado de calcificación. De acuerdo a su formación, la dentina primaria se desarrolla durante la etapa embrionaria hasta cuando el diente ocluye con su antagonista. En esta dentina se identifica la dentina del manto, es decir, la más superficial y la primera en formarse, y la dentina circumpulpar, la que rodea a

la cámara pulpar. La dentina secundaria fisiológica se forma durante toda la vida dental una vez que el diente entra en oclusión; aunque, también se desarrolla en dientes incluidos. Con su formación, se disminuye el volumen pulpar y contiene túbulos dentinarios rectos y paralelos. Finalmente, la dentina terciaria se forma a partir de agresiones del exterior y su espesor depende de la intensidad y duración del mismo, ocasionando también una disminución de la cámara pulpar; sus túbulos son irregulares (Canalda & Brau, 2006).

De acuerdo a su grado de calcificación, la dentina peritubular presenta un alto grado de calcificación y recubre los túbulos dentinarios, lo que los hace más consistentes; no se presenta en dientes jóvenes. Para finalizar, la dentina intertubular presenta una menor calcificación, se encuentra entre túbulo y túbulo y contiene gran cantidad de matriz orgánica y fibras colágenas (Barrancos Mooney & Barrancos, 2006).

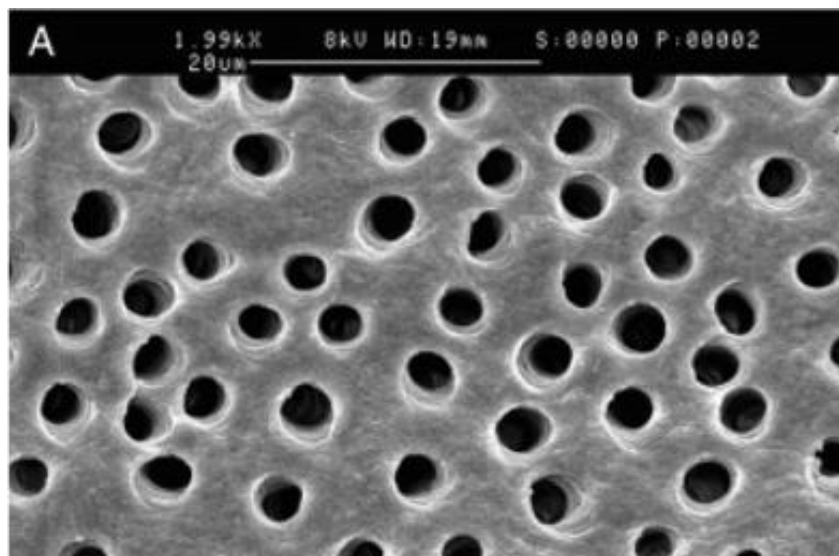


Figura 2. Dentina peritubular e intertubular luego de ser irrigada (Qian, Shen, & et al, 2011)

5.4 Cambios en la dentina

Se dan ciertas modificaciones en la dentina con el paso del tiempo. Entre ellos, se puede hablar de una dentina traslúcida, producto de acciones químicas en la dentina peritubular. Así, se transforma en una dentina intratubular, provocando el cierre de los túbulos dentinarios. Otra de las modificaciones dentinarias es la dentina opaca, este tipo de dentina presenta túbulos dentinarios degenerados, vacíos, debido al retroceso de las prolongaciones de los dentinoblastos (Canalda & Brau, 2006).

5.5 Propiedades físicas de la dentina

El color del diente varía de una persona a otra a lo largo de su vida. Sin embargo, generalmente, es blanco amarillento. Ésta propiedad física está determinada por varios aspectos y está dada, básicamente, por la dentina ya que el esmalte es translucido. Cuando hay una menor mineralización, las piezas dentales toman un color blanco azulado, como es el caso de los dientes deciduos. Igualmente, la vitalidad pulpar tiene influencia. Es así que si un diente no presenta vitalidad, toma un tono grisáceo. También, a mayor edad, la dentina se vuelve más amarilla. Finalmente, existe pigmentación que puede ser endógena y/o exógena. La primera, puede deberse a hemorragias pulpares, fracturas y reacciones medicamentosas. Por su lado, la segunda es consecuencia de restauraciones metálicas, tabaquismo, entre otros. En ambos casos, pueden darse pigmentaciones de tipo grisáceo a negro (Gómez de Ferraris & et al, 2009).

Con respecto a la translucidez, la dentina, al tener un menor grado de mineralización, es menos translúcida que el esmalte. De forma semejante, la radioopacidad también está

determinada por la mineralización. Al no tener mucha mineralización, la dentina se ve radiográficamente más oscura que el esmalte (Gómez de Ferraris & et al, 2009).

La elasticidad depende de la cantidad de sustancia orgánica y agua. Su valor establecido es de 17,6 y 22,9 Gpa para la dentina. Es una propiedad de gran importancia ya que permite la amortiguación durante las fuerzas masticatorias, cualidad que no tiene el esmalte por su gran rigidez (Gómez de Ferraris & et al, 2009)

Por su lado, la permeabilidad es una propiedad muy relevante ya que va a determinar la adhesión de los biomateriales. La dentina presenta una gran permeabilidad gracias a sus túbulos dentinarios. A través de ellos, se transportan diversos elementos como microorganismos y medicamentos por dos diferentes mecanismos: la difusión y la presión. La última, está determinada por el diámetro y longitud de los túbulos (Gómez de Ferraris & et al, 2009).

5.5.1 Microdureza de la dentina

La microdureza es la resistencia de un material ante deformaciones permanentes (Fuentes Fuentes, 2004). Al igual que la translucidez, esta propiedad se determina por el grado de mineralización; en este caso, la dentina es menos dura que el esmalte pero tiene mayor dureza que el cemento y el hueso. Según estudios, la microdureza de la dentina oscila entre 0,57 y 1,13 GPa (Gómez de Ferraris & et al, 2009).

En 1985, Pashley reportó que la microdureza de la dentina se relaciona de manera inversamente proporcional a la densidad de los túbulos dentinarios. Además, el grado de

mineralización y la cantidad de cristales de hidroxiapatita en la sustancia intertubular son aspectos básicos para determinar esta propiedad (Ari & et al, 2004).

El tratamiento endodóncico produce pérdida de estructura al momento de realizar el acceso, preparar el canal y al usar irrigantes agresivos. Además, la realización de restauraciones inapropiadas también debilita los tejidos duros del diente. En consecuencia, éstos son factores predisponentes a fractura dental y posterior pérdida de la pieza. Es así que es importante mencionar que es indispensable conservar la microdureza dentaria (Cheron & et al, 2011).

Para medir la microdureza de la dentina es necesario emplear la técnica de indentación Knoop y Vickers. Esto se realiza mediante un microdurómetro con diferentes cargas que van entre 0.001 y 5 g. Es así que se deben realizar deformaciones de manera permanente en la superficie dentinaria mediante un indentador de diamante con forma piramidal. Esto produce indentaciones menores a 1mm en materiales duros. Dichas indentaciones son monitoreadas durante la carga y la descarga para luego calcular la microdureza gracias al despeje de una fórmula que el microdurómetro realiza de forma automática (Fuentes Fuentes, 2004).

5.6 Tratamiento pulpar

En el tratamiento endodóncico se realizan varias etapas como la preparación cavitaria, la conformación de los conductos radiculares, la limpieza y, finalmente, la obturación del sistema radicular. Si bien el éxito en la Endodoncia depende de todos estos factores, el desbridamiento mecánico-químico es más relevante (Hu & et al, 2010).

Una preparación cavitaria acertada requiere de emplear recursos radiográficos para determinar la complejidad de los conductos radiculares. Una vez conocida su anatomía, se prosigue con la apertura cameral. Ésta da la pauta para la correcta llegada de los instrumentos endodóncicos a la constricción apical. Sin embargo, la apertura debe ser conservadora, tomando en cuenta que la dentina sana soportará a la futura rehabilitación (Rodríguez Ponce, 2003).

Según Rodríguez (2003), existen ciertas normas al momento de preparar la cavidad. La primera es la eliminación del tejido cariado y reconstrucción de la pieza dental; la segunda, consiste en la remoción del techo de la cámara pulpar sin tocar el suelo; la tercera es dar forma conveniente según el caso; la cuarta recomienda la reducción de las cúspides para prevenir fracturas; la quinta tiene que ver con el aislamiento del campo operatorio; finalmente, la sexta recomienda la preparación del tercio coronario de los conductos radiculares.

Al tener realizada la apertura, se deben localizar los conductos y tomar la conductometría para poder continuar con la conformación. Dicho procedimiento es de acuerdo a cada caso, tomando en cuenta que debe ser eliminada la materia orgánica y la dentina reblandecida hasta un calibre 25 mínimo. De esta manera, se evita deformar el conducto y debilitar el diente. Se introducen instrumentos de un grosor cada vez mayor manteniendo la forma original y conicidad del conducto (Rodríguez Ponce, 2003). Aunque los instrumentos remueven la mayor parte del contenido, la irrigación juega un papel indispensable ya que accede a lugares imposibles de abordar mediante el instrumental (Stojicic & et al, 2010).

La limpieza se refiere a la preparación química del sistema de conductos radiculares, en la cual se emplean soluciones irrigadoras para la conformación de conductos atrésicos

(Soares & Goldberg, 2002). La irrigación y aspiración son procedimientos indispensables para la instrumentación ya que ayudan a eliminar materiales fragmentados, necróticos y contaminados para evitar que éstos lleguen a los tejidos apicales (Cohen S. , 2008). Los objetivos de la limpieza son eliminar los detritos dentro del conducto radicular; disminuir la carga bacteriana, producir lubricación para facilitar la conformación de los conductos, servir como quelantes e incluso algunos irrigantes pueden ser empleados como blanqueadores (Nageswar, 2011).

5.7 Irrigantes

Para realizar la limpieza de los conductos, existe una gran variedad de soluciones irrigadoras. Al momento de determinar la sustancia adecuada, se deben tomar en cuenta sus propiedades individuales, la remoción de barrillo dentinario y los efectos que se necesitan para cada caso clínico (Soares & Goldberg, 2002). La tabla 1 resume las propiedades de una sustancia irrigante ideal.

Tabla 1. Propiedades del irrigante ideal

Requisitos	Acción
Humectación	Es necesario que la sustancia se disperse por la superficie a tratar
Baja tensión superficial	Promueve la humectación, penetración y contacto
Tensoactividad	Baja la tensión superficial de los líquidos en los conductos para homogenizarlos
Potencial bactericida	Elimina las bacterias presentes en el sistema de conductos radiculares
Biocompatibilidad	No causa efectos dañinos a los tejidos periapicales y bucales, promueve la sanación de los mismos y elimina agresores
Utilidad	Fácil de adquirir, rentable, uso conveniente, buena vida útil, fácil de almacenar, entre otros
Baja neutralizabilidad	No se neutraliza por los componentes del conducto, mantiene eficacia
Baja toxicidad	No debe causar lesiones en los tejidos
Efervescencia	Impide que el material removido se deposite en la porción apical, lo mantiene en suspensión
Lubricante	Facilita la acción de instrumentos endodóncicos, disminuye fracturas y el calentamiento generado por los mismos evitando daños a los tejidos periodontales e incluso necrosis

(Nageswar Rao, 2011), (Soares & Goldberg, 2002)

En pulpas vivas se buscan soluciones que no sean antisépticas, es decir, sustancias biocompatibles que respeten el muñón y tejidos apicales favoreciendo la reparación (Soares & Goldberg, 2002). Por su parte, en pulpas necrosadas se necesita una correcta desinfección y eliminar las toxinas producidas por el tejido mortificado. Cabe destacar que, en casos de necrosis pulpar, las bacterias crecen en biofilms resistentes que deben ser eliminados para alcanzar el éxito en la terapia endodóncica (Shen & et al, 2011).

En cuanto al barrillo dentinario, autores han reportado que éste retrasa, más no es capaz de abolir el efecto de las diferentes sustancias químicas. No hay evidencia suficiente que compruebe si el barrillo dentinario puede debilitar o prevenir la acción de las sustancias irrigadoras usadas a corto plazo y si esto es de forma individual o combinada al momento de eliminar bacterias de los túbulos dentinarios (Wang & et al, 2013). Además, no existe una solución irrigadora capaz de desmineralizar el barrillo dentinario y disolver el tejido orgánico de manera simultánea; por lo que se emplean diferentes sustancias para cumplir con estos dos objetivos (Rossi-Fedele & et al, 2012).

Por otro lado, es imprescindible saber que los irrigantes son capaces de alterar la composición química de la dentina ya que remueven iones de calcio, los cuales se encuentran en los cristales de hidroxapatita (Das & et al, 2014). Esto da como resultado cambios en la microdureza, permeabilidad y solubilidad de la dentina ya que se alteran los componentes orgánicos e inorgánicos, lo que conlleva a defectos en la adhesión de cementos a la dentina (Das & et al, 2014).

5.7.1 Técnica de irrigación

La irrigación es un procedimiento que debe realizarse en las diferentes fases de preparación de los conductos y se basa en los siguientes principios (Soares & Goldberg, 2002):

1. Se selecciona la aguja para irrigación, se coloca en la jeringa con topes de goma que marquen 3 mm menos de la longitud de trabajo de la pieza dental.
2. Se coloca la jeringa cargada con el irrigante en la entrada del conducto con una mano y sostener la succión para endodoncia con la otra mano.
3. Se inicia la irrigación realizando una leve presión en el embolo de la jeringa evitando tapan la luz del conducto y el reflujo de la sustancia.
4. Para crear agitación mecánica del irrigante y eliminar los residuos pulpares, se realizan movimientos de vaivén.
5. Al finalizar la irrigación se debe realizar la aspiración para retirar toda la sustancia irrigante.
6. En cada irrigación se deben emplear entre 2 y 3 ml de solución e irrigar con frecuencia.
7. Una vez terminada la irrigación que se realiza después de usar cada lima endodónica, se succiona en el interior del conducto para eliminar todos los residuos.
8. Es recomendable llenar el conducto de solución irrigante si se va a continuar con la instrumentación para que el instrumento trabaje de mejor manera.

9. Cuando se culmina con la irrigación y aspiración, se debe secar el conducto con conos de papel.

Es de suma importancia realizar con cuidado la fase de irrigación ya que si la solución invade los tejidos periapicales producirá irritación, sobre todo si es un producto antiséptico. Por otro lado, las soluciones podrían introducir detritos infectados en esta zona empeorando la lesión. Así, se pueden producir lesiones hemorrágicas, enfisemas cuando se introduce aire por medio de la aguja y reacciones inflamatorias. Por esto, se debe recordar que irrigar no es inyectar (Soares & Goldberg, 2002). De ser necesario, se pueden combinar irrigantes para obtener las propiedades necesarias en cada caso y poder realizar una adecuada obturación tridimensional (Nageswar Rao, 2011)

5.7.2 Hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio (NaOCl) fue introducido por el cirujano Alexis Carrel y el químico Henry Drysdale Dakin en la primera guerra mundial para tratar heridas infectadas (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015). En 1936, Walker empezó a utilizar al irrigante en la terapia endodóncica. Para el año 1941, Grossman demostró la capacidad que el NaOCl tenía para disolver tejidos y, en 1973, Spanberg determino que la sustancia al 0,5% posee una buena actividad germicida (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015). El hipoclorito de sodio es el irrigante más popular debido a que entre sus propiedades están: disolución tisular, lubricación, acción antimicrobiana, blanqueamiento, disolución de biofilms, solubilizar tejido necrótico, es fácil de conseguir y tiene bajo costo (Jungbluth & et al, 2011).

El hipoclorito de sodio es un agente reductor, con un pH alcalino de 11 a 11.5. En cuanto a su concentración, estudios mencionan que la ideal va de 1.5% al 3% para lograr un equilibrio entre la disolución del tejido y la acción antibacteriana. En la terapia endodóncica, el NaOCl se emplea en diferentes concentraciones que van desde el 0,5% hasta el 6% y no se ha encontrado una diferencia importante entre estas soluciones en cuanto a la disolución de tejidos y la eficacia antibacterial (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015).

Sin embargo, estudios demuestran que el hipoclorito de sodio al 6% causa una disminución significativa de la microdureza comparado con el hipoclorito de sodio al 2.5%. Se debe considerar que, para ciertos autores, la única ventaja de una mayor concentración es el aumento mínimo de la acción antibacterial, lo cual no compensa la citotoxicidad que se produce ni el impacto generado en la microdureza dentinaria (Slutzky-Goldberg & et al, 2004).

Por su parte, si se busca incrementar la eficacia del hipoclorito de sodio, se debe considerar que no debe ser diluido en agua para la irrigación de canales radiculares. Esto reduce su potencial antibacterial y sus propiedades de disolución de tejido. El volumen del irrigante, también, es un aspecto de gran importancia ya que si se aumenta dicho volumen, se disminuirá de igual manera la cantidad de microorganismos y se tendrá un canal radicular más limpio. Es así que Yamada recomienda entre 10 y 20 ml de irrigante para cada conducto (Yamada & et al, 1983).

En cuanto al mecanismo de su acción microbiana, el cloro en solución acuosa existe en dos formas, el ion hipoclorito (OCl^-) y el ácido hipocloroso (HOCl). En un pH ácido o neutro, el cloro se encuentra de manera predominante como HOCl , mientras que en un pH de 9 o más,

predomina en forma de OCl (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015). El ácido hipocloroso es el que tiene el potencial antibacterial ya que interfiere en varias de las funciones vitales de las células microbianas, lo que resulta en muerte celular. También, es un efectivo desinfectante y su capacidad bactericida puede ser más efectiva dependiendo de su pH.

Dentro del conducto radicular, el NaOCl actúa a partir de dos mecanismos. El primero, se genera a partir del ion clorina ya que cuando este compuesto se une al tejido pulpar y se convierte en ácido hipocloroso, interrumpe el metabolismo bacteriano y produce su muerte. Mientras que el segundo, se da gracias a su alcalinidad ya que al tener un pH alto, elimina los microorganismos anaerobios, los cuales necesitan de un medio ácido para su desarrollo (Nageswar, 2011).

El hipoclorito de sodio, además, disuelve remanentes pulpares, compuestos orgánicos de dentina e inactiva lipopolisacáridos. Sin embargo, no es capaz de remover el barrillo dentinario por sí solo, ya que solo disuelve su parte orgánica. La capacidad de disolución que tiene este irrigante es significativamente mejor que la de otras sustancias. En consecuencia, para obtener una correcta disolución de los tejidos es necesaria una irrigación regular durante el tratamiento de conducto. Se requiere de una concentración de 0,5 a 1% para asegurar su actividad antimicrobiana y la biocompatibilidad con los tejidos (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015).

Con respecto al tiempo, mientras más tiempo de contacto exista entre la solución y el tejido, más efectiva será la irrigación. Es por esto que en casos de pulpas necróticas se recomienda un NaOCl al 5,25% durante 40 minutos (Hu & et al, 2010).

Otro factor importante es la temperatura ya que el hipoclorito de sodio disuelve significativamente más tejido orgánico al ser calentado. No obstante, si se calienta la solución y no se emplea, debe ser descartada ya que pierde totalmente sus propiedades. Sin embargo, se debe mencionar que no hay suficientes estudios clínicos que comprueben esta teoría (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015).

Durante la irrigación, se deben realizar movimientos continuos con la jeringa para producir agitación y evitar que la aguja se doble. Es necesario realizar una presión apical negativa para incrementar la dinámica de la irrigación y potenciar la interacción entre el NaOCl y las paredes del conducto radicular. Para acelerar las reacciones químicas, crear efectos cavitacionales y tener una mejor limpieza, se puede activar de forma pasiva al hipoclorito de sodio mediante un ultrasonido (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015).

Es de vital importancia saber que el hipoclorito de sodio también reúne algunas desventajas. Entre ellas, causa daño celular y toxicidad, tiene alta tensión superficial y es cáustico. Además, puede inflamar al tejido gingival, tiene un olor y gusto desagradable, corroe el instrumental, mancha la ropa y puede causar edemas y quemaduras (Nageswar, 2011). De forma semejante, se debe considerar que el NaOCl degenera la dentina debido a la disolución de colágeno que produce. Además, puede afectar la penetración de materiales en el tejido dental ya que disminuye la fuerza de unión a la dentina de las resinas y los cementos porque interfiere en la polimerización de los mismos (Prado & et al, 2013).

Finalmente, el hipoclorito de sodio es caustico si accidentalmente llega a ser extruido hacia periapical o tejidos adyacentes como el seno maxilar. En caso de que esto sucediese, se desarrolla un enfisema dentro de 10 a 20 minutos. Debido a la capacidad del irrigante de

disolver tejido, se tiene como resultado edema y parestesia. Es así que se deben prescribir antibióticos, analgésicos y antihistamínicos para evitar el esparcimiento de la infección, lo cual se da debido a la destrucción de los tejidos (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015).

5.7.3 Gluconato de clorhexidina

El gluconato de clorhexidina (CHX) fue desarrollado a finales de 1940 en los laboratorios de investigación de las Industrias Químicas Imperiales Ltd. en Inglaterra. Su introducción se dio al realizar pruebas con polibisguanidas para obtener agentes antibacteriales, teniendo como resultado que la clorhexidina fue la bisguanida más potente (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015). La clorhexidina es un antimicrobiano de amplio espectro y larga duración que produce lisis celular. Se emplea para controlar químicamente la placa bacteriana en concentraciones de 0,1% a 0,2% y para desinfectar el sistema de conductos en una concentración del 2%, siendo más efectiva en un menor tiempo. Es una base muy fuerte, cuya presentación inicial fue como un compuesto estable en forma de sal. Posteriormente, esta sal fue reemplazada por una forma estable en agua, el gluconato de clorhexidina, que se utiliza en la actualidad (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015).

Su mecanismo de acción se basa en que la clorhexidina es una molécula hidrofóbica cargada positivamente que interactúa con fosfolípidos y lipopolisacáridos en la membrana celular de la bacteria. Su interacción se da gracias a su carga positiva y a la carga negativa de la pared celular bacteriana lo que genera una alteración en su equilibrio y permite que la clorhexidina penetre y actúe dentro de la misma (Mohammadi & et al, 2014). De esta forma,

la CHX permeabiliza la pared celular microbiana y ataca el citoplasma bacteriano (Aslantas & et al, 2014).

No obstante, esta actividad antimicrobiana depende del pH y se ve reducida en presencia de materia orgánica. Por esta razón, se considera que la clorhexidina no puede ser la primera elección para realizar tratamientos endodóncicos ni puede reemplazar al hipoclorito de sodio (Aslantas & et al, 2014), aunque hay quienes piensan que sí (Rocas & et al, 2011). Por otro lado, se ha reportado que la clorhexidina no tiene la capacidad de remover barrillo dentinario ni de disolver tejido necrótico. Esto provoca que el barrillo dentinario se convierta en una barrera entre el irrigante y la dentina, lo que resulta en una disminución de la microdureza (Aslantas & et al, 2014). Además, se debe mencionar que es menos efectiva en bacterias gram negativas que en gram positivas (Rocas & et al, 2011).

Otra desventaja a mencionar es que interacciona con el hipoclorito de sodio y produce un precipitado que contiene paracloroanilina (PCA) y hierro, elemento que le da su coloración naranja. El PCA es tóxico e interfiere con el sellado del canal ya que ocluye los túbulos dentinarios (Giardino, Mohammadi, & al, 2015). Además, la exposición de humanos a la PCA por cortos periodos de tiempo produce cianosis por la formación metahemoglobina y, según las investigaciones, se acompaña de anemia hemolítica, hematopoyesis extra medular y esplenomegalia. Esto implica una toxicidad eritrocítica y anemia regenerativa (Basrani & et al, 2007). Debido a esta situación, se considera prudente minimizar la producción de PCA mediante el enjuague del NaOCl remanente con alcohol o EDTA antes de usar clorhexidina (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015).

Por otro lado, diversos estudios han comparado el efecto antibacteriano del hipoclorito de sodio y la clorhexidina en contra de infecciones intracanal y han mostrado una mínima o nula diferencia entre su efectividad antimicrobiana. Es importante mencionar que la CHX no causa erosión como el NaOCl al ser usado como irrigante final. Por esta razón, la clorhexidina puede ser una buena opción para maximizar la actividad antibacteriana una vez realizada la preparación químico mecánica de los conductos radiculares (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015). Otros estudios afirman que la clorhexidina en gel puede ser más efectiva que su presentación en líquido, pero las posibles diferencias no han sido investigadas en su totalidad (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015).

Pese a estas desventajas, se debe mencionar que la CHX tiene mínima toxicidad en los tejidos y, además, genera sustentividad. (Nageswar Rao, 2011). La sustentividad antimicrobiana es la asociación de forma prolongada entre dos factores: un material y un sustrato (Barrios & et al, 2013). Los irrigantes con esta propiedad aseguran una actividad microbiana evitando el impacto negativo que causan las bacterias. Por su lado, la sustentividad de la clorhexidina es mejor en presencia de colágeno y puede durar desde 24 horas al ser aplicada durante 1 minuto e, incluso, hasta 12 semanas cuando se la usa por 10 minutos en una concentración del 2% (Barrios & et al, 2013). Esto hace del gluconato de clorhexidina un buen irrigante endodóncico (Nageswar Rao, 2011).

En base a la concentración de la clorhexidina, la solución va a actuar como bacteriostático, bactericida o antifúngico, en casos de *Cándida albicans* (Mohammadi & et al, 2014). Sin embargo, en cuanto a la microdureza, estudios afirman que usando una concentración de 0.2% y 2% por 15 minutos, se disminuyen los niveles de calcio y potasio y,

por lo tanto, la microdureza de la dentina. Por esta razón, se sugiere que los cambios en la microdureza dentinaria pueden depender principalmente del tiempo de aplicación de la clorhexidina (Aslantas & et al, 2014).

5.7.4 Quelantes

La quelación es un proceso químico en el cual se da la formación de un anillo heterocíclico que contiene al menos un metal catiónico o un ion hidrógeno. Es el proceso de unión y estabilización de iones metálicos mediante dos o más átomos de compuestos orgánicos. El resultado de la combinación de un agente quelante y un metal toma el nombre de quelato. Los quelatos son iones metálicos estables y complejos. Ésta estabilidad está dada por la unión entre el quelante, que tiene más de un par de electrones libres, y el ion metálico central (Dakshita & et al, 2011).

Los agentes quelantes son complementos de las sustancias desinfectantes ya que eliminan el barrillo dentinario y la dentina reblandecida, desmineralizan las superficies y retiran las posibles obstrucciones en el canal pulpar (Cohen S. , 2008). El primer quelante creado fue el EDTA y se empleó, originalmente, para asistir en la preparación de canales radiculares estrechos y calcificados (Cruz & et al, 2011). No obstante, se debe recalcar que no se debe emplear al quelante por un largo periodo durante la limpieza ni se debe mantener en el canal radicular entre citas ya que puede debilitar la dentina de todo el sistema de conductos (Cohen S. , 2008). Además, debido a que existe una interacción entre irrigantes y quelantes, un buen protocolo de irrigación debe emplear grandes cantidades de NaOCl para enjuagar el

agente quelante y permitir la acción del irrigante (Zehnder & et al, Chelation in Root Canal Therapy Reconsidered, 2005).

Entre los principales agentes quelantes, podemos mencionar al ácido disódico etildiaminotetraacético (EDTA), sal etilendiaminotetraacetato disódica, hidróxido sódico, ácido cítrico, bromuro cetiltrimetilamónico y el REDTA o EDTA en solución acuosa.

5.7.5 EDTA

En pulpas vivas, el barrillo dentinario disminuye la permeabilidad de la dentina, complicando la adaptación del cemento de obturación. Por su parte, el barrillo dentinario de pulpas mortificadas alberga microorganismos, dificultando los objetivos de la medicación intraconducto y la permeabilidad dentinaria (Soares & Goldberg, 2002). Es así que al remover el barrillo dentinario se favorece a la limpieza de las paredes y se aumenta la permeabilidad de la dentina. De esta manera, los antisépticos actúan de mejor manera y los cementos de obturación penetran en los túbulos dentinarios produciendo un mejor sellado del canal (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015) ya que se adaptaran correctamente, incluso en los conductos laterales. Esto se debe a que la formación de tags de cemento dentro de la dentina genera una mejor adaptación entre el cemento de obturación y la interface del tejido. Así, se reduce la microfiltración que frecuentemente resulta en una obturación inadecuada del canal (Soares & Goldberg, 2002).

El EDTA es un agente quelante de uso común que se introdujo en la Odontología en 1957 por Nygaard-Ostby con el propósito de limpiar y conformar los conductos radiculares. Si

bien el NaOCl es una excelente sustancia irrigadora, no puede disolver el tejido inorgánico de la dentina. Es así que el EDTA se indica para complementar su acción ya que produce una quelación de los iones de calcio de la dentina, facilitando la instrumentación de los conductos radiculares (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015). Así, su mecanismo de acción se da cuando la dentina está en contacto con un medio acuoso ya que libera fosfato y calcio. El EDTA se une a estos minerales, desequilibrando la constante de solubilidad del tejido y, de ésta manera, produce un reblandecimiento del mismo. Esta actividad es autolimitante ya que una vez unido al tejido, no produce más quelación (De Lima Machado, 2009).

Hay autores que afirman que existe una efectiva remoción del barrillo dentinario al usar EDTA durante 1, 3 y 5 minutos; no obstante, otras investigaciones revelan que se puede reducir efectivamente el barrillo dentinario con un enjuague final de 1ml de EDTA al 17% durante un minuto. Sin embargo, se piensa que es aconsejable un enjuague constante con EDTA durante aproximadamente 3 minutos para lograr el mejor desbridamiento de las paredes de los conductos radiculares. El continuo reflujó de la sustancia contribuye con el desprendimiento del barrillo dentinario de las paredes y produce un movimiento de los detritos hacia coronal, donde pueden ser removidos por la succión (Mello & et al, 2010). Además, se piensa que los ultrasonidos son muy efectivos para lograr este objetivo, especialmente, en la región apical de los conductos radiculares (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015).

En general, se puede decir que el EDTA es altamente biocompatible y que sus propiedades dependen de la concentración y del tiempo que esté en contacto con la dentina. Consecuentemente, el tiempo de uso del EDTA no debe ser muy prolongado al momento de eliminar barrillo dentinario. Es más, se ha propuesto que su uso debe estar indicado

únicamente en conductos atrésicos calcificados para disminuir la resistencia de las paredes dentinarias ante los instrumentos endodóncicos y facilitar la conformación del conducto (Soares & Goldberg, 2002). Esto se debe a que un tiempo prolongado de uso genera una desmineralización de la dentina intertubular, produciendo una disminución de la microdureza dentinaria (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015). Además, se incrementa el riesgo de crear perforaciones durante la instrumentación del canal radicular. Finalmente, se debe destacar que el uso de EDTA en los canales radiculares por más de un minuto, puede causar erosión inadvertida de la dentina (Ulusoy, Gorgul, & et al, 2011).

Por otro lado, la irrigación empleando de forma alternada EDTA y NaOCl parece ser muy prometedora ya que, para ciertos autores, esta combinación mejora la capacidad del hipoclorito de sodio de disolver tejido y reducir microbios intrarradiculares (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015). Sin embargo, otros autores afirman que el EDTA mantiene la actividad quelante que realiza en los iones de calcio de la dentina incluso al mezclarse con hipoclorito de sodio. Esto produce una disminución de la capacidad de disolución de tejidos por parte del NaOCl, por lo que recomiendan que estas dos sustancias deben ser empleadas por separado, sin mezclarse (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015).

5.7.6 Ácido Cítrico

El ácido cítrico es un ácido orgánico sólido, por lo que se emplea como un desmineralizante de dentina debido a su solubilidad. Tiene un pH bajo y su poder de quelación es proporcional a su concentración (Di Lenarda & et al, 2000). Al ser un ácido orgánico débil, ha sido aplicado en superficies radiculares alteradas por enfermedad periodontal e instrumentación para incrementar la cementogénesis y acelerar el proceso de sanación y regeneración del tejido (Di Lenarda & et al, 2000). En operatoria dental, se emplea al ácido cítrico para el grabado ácido, para acondicionamiento dentinario y para remoción de barrillo dentinario (Di Lenarda & et al, 2000). Por otro lado, en endodoncia, según Yamaguchi, el ácido cítrico es utilizado como quelante y antibacterial (Di Lenarda & et al, 2000). Sin embargo, uno de los principales problemas al emplear ácido cítrico es su bajo pH comparado con el del EDTA que es casi neutro (Di Lenarda & et al, 2000).

Existen varios estudios que comparan y contrastan las propiedades del ácido cítrico y el EDTA. En 1988, Goldmann reportó que el ácido cítrico puede ser usado como irrigante endodóncico. De esta forma, determinó que es un agente quelante ya que reacciona con los metales para formar un quelato aniónico soluble y que dicha acción es comparable con la que realiza el EDTA. Yamaguchi, por su parte, realizó investigaciones en las cuales demostró que todas las concentraciones de ácido cítrico produjeron una mayor capacidad antibacteriana y quelante que el EDTA (García, 2001). Es así que el ácido cítrico, al igual que el EDTA, elimina barrillo dentinario además de poseer propiedades antimicrobianas, eliminando bacterias anaerobias, en especial cocos. También, el ácido cítrico es una sustancia con mayor biocompatibilidad que el EDTA al 17% y produce poca infiltración apical en concentraciones

de 10% 15% y 20%; aunque en dichas concentraciones, la reparación de los tejidos se ve retardada (De Lima Machado, 2009).

También, es importante hablar de las propiedades del ácido cítrico en comparación con las del hipoclorito de sodio. Según estudios, el ácido cítrico, al ser utilizado como una solución irrigadora al 50%, presenta mejores resultados que el NaOCl al 5,25% y es uno de los ácidos más aceptados biológicamente. En cuanto a la eliminación de restos pulpares y la preparación de superficies dentinarias retirando detritos, el ácido cítrico también presentó mejores resultados que el hipoclorito de sodio (De Lima Machado, 2009). Sin embargo, el ácido cítrico no es un antimicrobiano tan efectivo como el hipoclorito de sodio (De Lima Machado, 2009) ni disuelve partes orgánicas del barrillo dentinario (Schicht, Zehnder, & et al, 2005).

Por otro lado, la irrigación de los canales radiculares con ácido cítrico e hipoclorito de sodio en conjunto asegura la neutralización del irrigante previo con una modificación drástica del pH dentro del conducto y la liberación de cloruro gaseoso (Di Lenarda & et al, 2000). Es así que cuando el ácido cítrico al 10% es combinado con hipoclorito de sodio al 1% y se aplica por 15 a 30 segundos, su acción se potencializa (De Lima Machado, 2009). En otro estudio, Wayman (1979, citado en García, 2001) concluyó que los mejores resultados fueron obtenidos al irrigar los conductos radiculares con ácido cítrico al 10% seguido de la irrigación con hipoclorito de sodio al 3%.

Para determinar la cantidad de irrigante necesario, Yamada (1983, citado en García, 2001) empleó microscopio electrónico de barrido para comparar el volumen final de irrigación de varias soluciones. De esta forma, concluyó que para eliminar la capa de barrillo dentinario se necesitan 10 ml de ácido cítrico al 25% seguido de 10 ml de hipoclorito de sodio al 5,25%.

No obstante, se debe mencionar que en la porción apical de los conductos quedaron remanentes de tejido desbridado y, en ciertos casos, se mantuvo la capa de barrillo dentinario conjuntamente con la formación de algunos cristales en la zona coronaria de los dientes analizados (García, 2001).

Cabe recalcar que varios autores afirman que se han encontrado dos métodos efectivos para la remoción del barrillo dentinario. El primero se refiere a la irrigación del sistema de conductos radiculares con ácido cítrico en concentraciones que pueden ir del 10% al 50% para disolver la parte inorgánica del barrillo dentinario, seguido de la irrigación con hipoclorito de sodio al 5,25% para disolver la porción orgánica. Por su parte, el segundo método se basa en la aplicación de EDTA al 17% para actuar como un agente quelante, seguido por hipoclorito de sodio al 5,25% para obtener resultados satisfactorios (García, 2001).

Finalmente, se puede comparar el ácido cítrico con otros irrigantes. De esta manera, el ácido cítrico remueve más barrillo dentinario que el ácido poliacrílico, el ácido láctico y el ácido fosfórico (Unverdi Eldeniz & et al, 2005). Por otro lado, el ácido cítrico es comparable con la tetraciclina, un antibiótico de amplio espectro con una naturaleza bacteriostática y un bajo pH que le otorga propiedades quelantes y facilita la desmineralización del esmalte y la superficie radicular. Sin embargo, la tetraciclina no causa una desmineralización tan extensa de la dentina peritubular como lo hace el ácido cítrico; tampoco produce una gran alteración morfológica del tejido (Ahir & et al, 2014).

5.7.7 Otros irrigantes

La solución salina es otra de las soluciones irrigantes empleadas en el tratamiento endodóncico. Ésta es una solución de cloruro de sodio al 0,9%. Debido a que es una solución isotónica, posee gran biocompatibilidad. Es así que arrastra los detritos del conducto sin destruir a las bacterias ni disolver los tejidos pulpaes.

Otro irrigante es el peróxido de hidrógeno, que es un agente oxidante y se emplea en una concentración del 3%, conjuntamente con el hipoclorito de sodio. Esta combinación produce una efervescencia energética, generando como subproducto oxígeno, el cual es tóxico para los microorganismos anaeróbicos. Sin embargo, existen autores que no están de acuerdo con esa afirmación ya que mencionan que este conjunto hace que el peróxido de hidrógeno pierda su eficacia impidiendo que la solución y el detritus se unan de manera adecuada. Además, si esta sustancia no es neutralizada produce dolor (Nageswar Rao, 2011).

Finalmente, se puede mencionar el Gly Oxide, un agente oxidante conformado por peróxido de carbamida y glicerol. Tiene una mayor acción germicida que el peróxido de hidrógeno y es un gran lubricante.

5.8 Obturación

La obturación es la etapa final de la endodoncia y se basa en el llenado del área conformada con materiales inertes y antisépticos que generen un sellado tridimensional que permita crear las condiciones necesarias para la reparación de los tejidos periapicales. No obstante, existen ciertas condiciones que se deben cumplir antes de realizar este

procedimiento. Entre ellas, que el diente no debe presentar dolor, que esté limpio, seco y conformado correctamente y que el conducto no quede abierto a la cavidad oral para evitar su contaminación (Soares & Goldberg, 2002).

Cuando las condiciones de la preparación mecánica-química se cumplen, se procede a obturar a longitud de trabajo empleando diversos materiales. Entre los más utilizados se encuentran la gutapercha y los cementos selladores, indispensables en esta etapa. En cuanto a la gutapercha, se utiliza un cono principal y el número de conos accesorios necesarios. Además, se pueden usar varias técnicas, como la condensación vertical, la condensación lateral (las más utilizadas), la condensación termomecánica y la inyección de gutapercha moldeada, entre otras (Soares & Goldberg, 2002).

Una vez terminada la obturación, se debe evaluar el procedimiento radiográficamente. Así, se verifica el nivel de la obturación, el cual debe alcanzar el límite establecido; la morfología de los conductos, la misma que refleja la conformación realizada; la densidad que debe ser uniforme, demostrando la correcta adaptación del material; y comprobar que no existan espacios vacíos los cuales indican defectos en la condensación (Canalda & Brau, 2006).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Tipo de estudio

El siguiente es un estudio *in vitro* comparativo y experimental. Es de tipo comparativo ya que se determinará la microdureza dentinaria de premolares tras ser expuestos a tres diferentes grupos de irrigantes en comparación con un grupo de control. Es de tipo experimental debido a que se emplearán diversas sustancias irrigantes para observar la microdureza final de la dentina en un tiempo deseado, en el laboratorio de materiales de Ingeniería Mecánica de la USFQ.

6.2 Muestra

Se emplearon 40 premolares humanos extraídos de pacientes por indicaciones terapéuticas, donados para realizar el presente estudio y conservados en solución fisiológica a 5°C hasta ser tratados.

Criterios de inclusión: premolares unirradiculares, sin caries radicales, sin fracturas radicales, extraídas en los últimos 6 meses y mantenidas en solución fisiológica a 5° C luego de ser extraídas

Criterios de exclusión: premolares multirradiculares, con caries radicales, con fracturas radicales, extraídas hace más de 6 meses y que no hayan sido mantenidas en solución fisiológica a 5° C luego de ser extraídas

6.3 Materiales

- Limas Hedstrom primera serie (Dentsply – Maillefer)
- Jeringas 5ml (Nipro)
- Molde metálico prefabricado 3cm x 1cm
- Fosforera (Bic)
- Godiva (Kerr)
- Loseta de vidrio (Proden)
- Espátula de metal
- Vaso dapen (Widerstand)
- Vaselina (Childys)
- Marcador (Sharpie)
- Solución salina (Lira)
- EDTA al 17% (Eufar)
- Hipoclorito de sodio al 5,25% (Clorox)
- Clorhexidina al 2% (Lira)
- Ácido Cítrico al 20% (Ultradent)
- Agua destilada (Acorsa)
- Diamond Polish Mint (Ultradent)
- Máquina de corte de laboratorio (Buehler - IsoMet 1000)
- Disco de diamante para baja velocidad (Buehler - IsoMet 1000)
- Acrílico transparente de autopolimerización (Reliance)
- Lija grano fino 150 micras (Fandeli)

- Disco de fieltro (TDV)
- Kit de pulido (Astropol – Ivoclar Vivadent)
- Micromotor (Tiger)
- Microscopio óptico (Vasconcellos, Brasil)
- Microdurómetro (Wilson Hardness)
- Autoclave (Automat 2400)
- Guantes de látex (Safina)
- Mascarillas (Wellmeds)

6.4 Metodología

6.4.1 Preparación de las muestras: corte y remoción de pulpa

Se seleccionaron 40 premolares unirradiculares humanos extraídos por indicaciones terapéuticas y se almacenaron en solución salina a 5° C (figura 1) hasta ser esterilizados en autoclave por 15 minutos a 121° C (figura 2). Una vez realizado este procedimiento, se empleó la máquina de corte y, con un disco de diamante, se decoronaron las piezas dentales en el límite amelocementario empleando enfriamiento con agua (figuras 3-6).

A continuación, se removió el tejido pulpar de cada pieza dental con Limas Hedstrom (figura 7); al terminar este procedimiento, se usó la máquina de corte para seccionar las raíces longitudinalmente de cervical hacia apical con el disco de diamante (figura 8). De esta manera, se obtuvieron 80 segmentos dentales.

Figura 3. Premolares almacenados en solución salina



Figura 4. Premolares esterilizados



Figura 5. Preparación de la máquina de corte



Figura 6. Colocación de las muestras en la máquina de corte



Figura 7. Decoronación de las muestras en la máquina de corte



Figura 8. Muestra decoronada



Figura 9. Instrumentación de las muestras

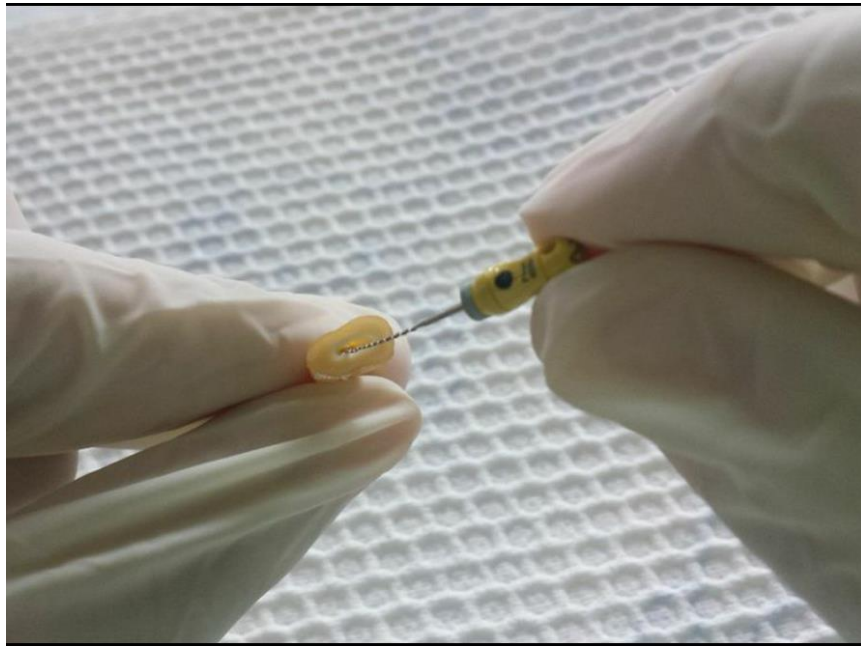


Figura 10. Muestra segmentada longitudinalmente



6.4.2 Colocación de segmentos dentales en los bloques de acrílico y pulido

En el molde metálico prefabricado de 3cm x 1cm se señaló con marcador una distancia de 1mm de profundidad desde su borde superior. A continuación, se aisló el molde con vaselina y se preparó acrílico transparente de autopolimerización dentro del mismo. Cuando el acrílico se encontró en su fase plástica, se sumergieron los segmentos dentales hasta quedar al nivel de la marca realizada previamente (figura 9). Dicha profundidad permitió mantener los irrigantes en la pieza dental durante el tiempo necesario.

Una vez polimerizado el acrílico, se lijó la superficie de los segmentos dentales con lija de grano fino de 150 micras y se eliminaron restos dentinarios con agua destilada. Ya que es una norma del microdurómetro tener una superficie pulida para que los resultados sean válidos, se realizaron dos pulidos de las superficies dentales. El primero con el kit de pulido (figura 10) y el segundo colocando la pasta de pulido y empleando un disco de fieltro colocado en el micromotor (figura 11). Finalmente, se seleccionaron 60 especímenes libres de grietas y defectos utilizando microscopio óptico con un aumento de 25X, para ser irrigados posteriormente.

Figura 11. Muestra colocada en bloque de acrílico



Figura 12. Muestra pulida con kit de pulido



Figura 13. Muestra pulida con pasta de pulido y disco de fieltro



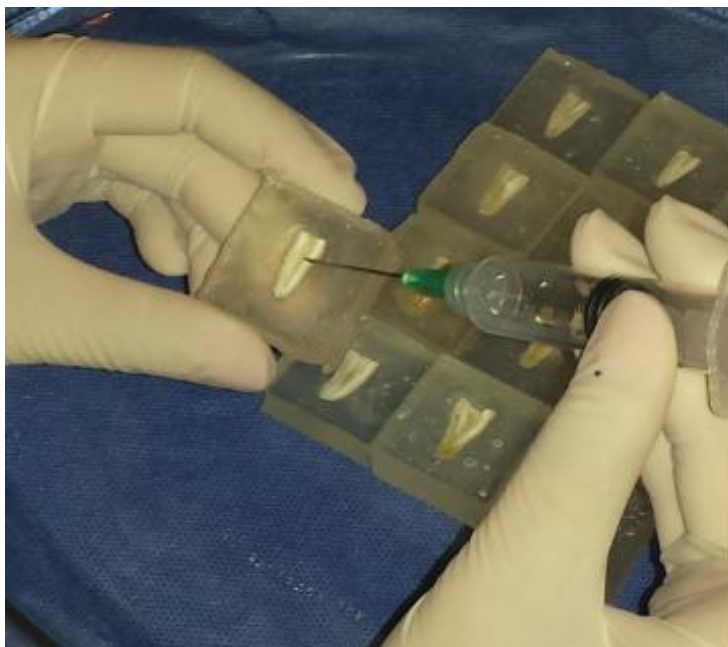
6.4.3 Tratamiento de los especímenes

Los especímenes fueron divididos de manera aleatoria en 4 grupos ($n = 15$) (tabla 2). Los segmentos dentales se trataron con 5ml de cada irrigante propio del grupo experimental correspondiente. Los irrigantes fueron colocados con una jeringa de 5ml durante 5 minutos (figura 12).

Tabla 2. Grupos experimentales

Grupo experimental	Orden establecido de soluciones irrigantes	Cantidad de segmentos dentales
Grupo clorhexidina	5 ml de NaOCl al 5,25% durante 5 minutos, 5ml de EDTA al 17% durante 5 minutos, 5ml de Clorhexidina al 2% durante 5 minutos	15
Grupo ácido cítrico	5ml de NaOCl al 5,25% durante 5 minutos, 5ml de Ácido cítrico al 20% durante 5 minutos	15
Grupo hipoclorito de sodio	5ml de NaOCl al 5,25% durante 5 minutos, 5ml de EDTA al 17% durante 5 minutos, 5ml de NaOCl al 5,25% durante 5 minutos	15
Grupo control	5ml de Agua destilada durante 5 minutos	15

Figura 14. Irrigación de especímenes



6.4.4 Determinación de la microdureza

Una vez realizados los protocolos de irrigación en los respectivos grupos de dientes, se procedió a determinar la microdureza dentinaria de los segmentos dentales, para lo cual se usó el microdurómetro. Se colocó cada bloque de acrílico bajo el indentador de diamante en forma de pirámide. Dicho indentador se posicionó perpendicularmente a la mitad de la raíz a nivel de la dentina radicular del segmento dental en 3 ocasiones bajo la acción de una carga (P) de 300g durante 20 segundos y una magnificación de 10X y 20X para obtener tres registros de microdureza de cada muestra (figura 13). Los valores representativos de la microdureza se obtuvieron como el promedio de los resultados de las 15 muestras.

Una vez retirado el indentador, el microdurómetro midió, a través de su microscopio, la longitud de las dos diagonales que quedaron impresas en forma de rombo rectangular en la superficie de la muestra (figura 14). Dicho resultado equivale a la microdureza de la dentina y se mostró en el panel del equipo en Vickers. La medida Vickers es la relación entre la carga aplicada y el área de la superficie de la impresión realizada mediante el indentador. El microdurómetro mostrará esta medida gracias a la fórmula que realiza de manera automática (anexo 1).

Figura 15. Muestra colocada en microdurómetro A. Muestra bajo lente 20X B. Muestra bajo indentador de diamante

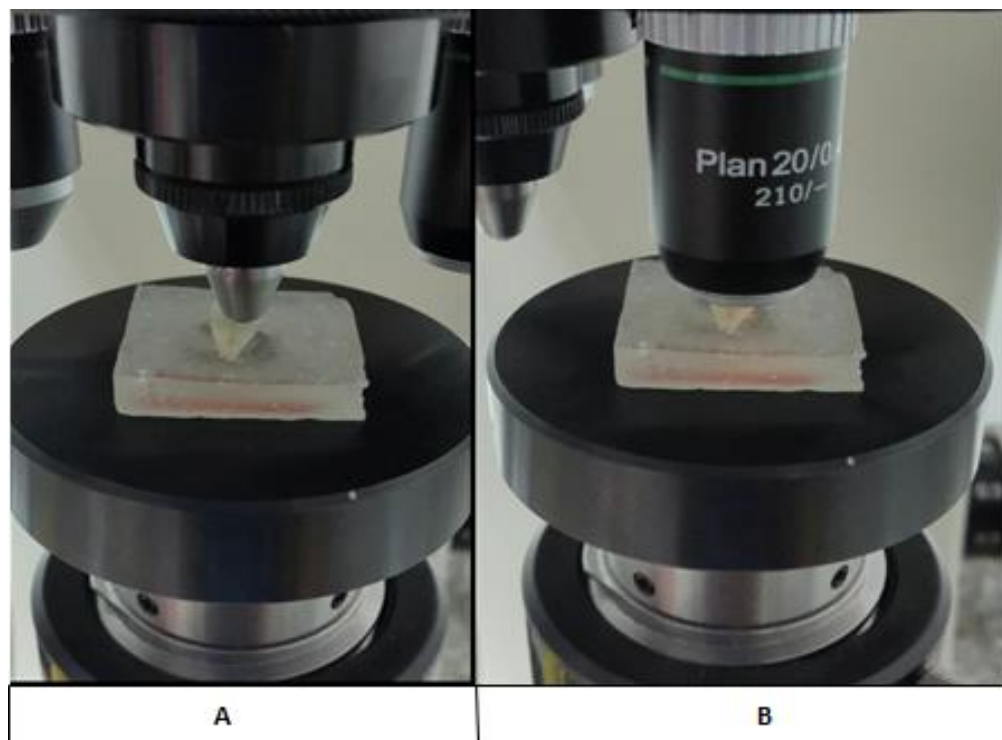
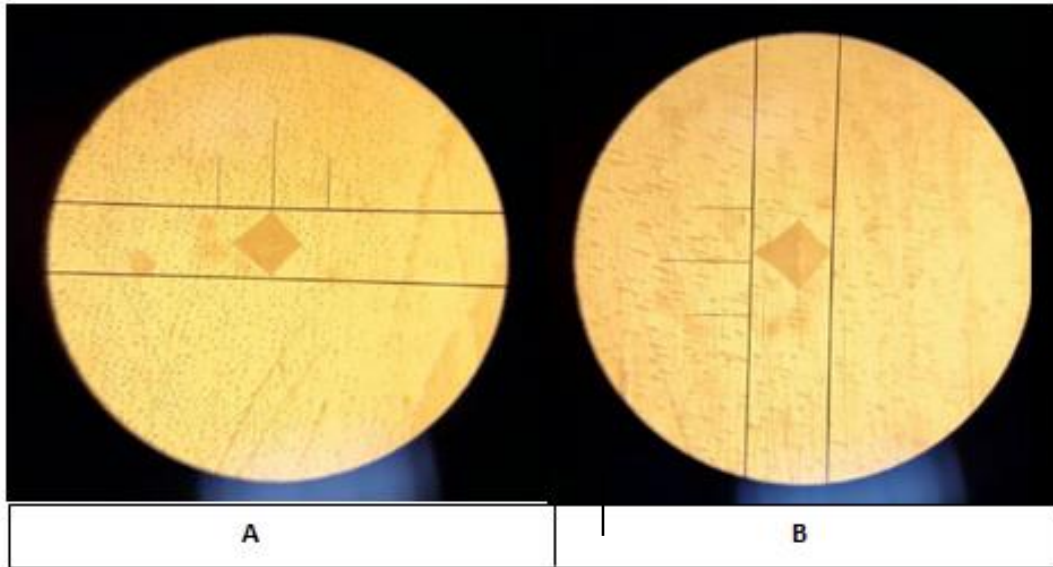


Figura 16. Vista con lente 20X de la indentación realizada A. Cálculo diagonal mayor B. Cálculo diagonal menor



6.4.5 Análisis estadístico

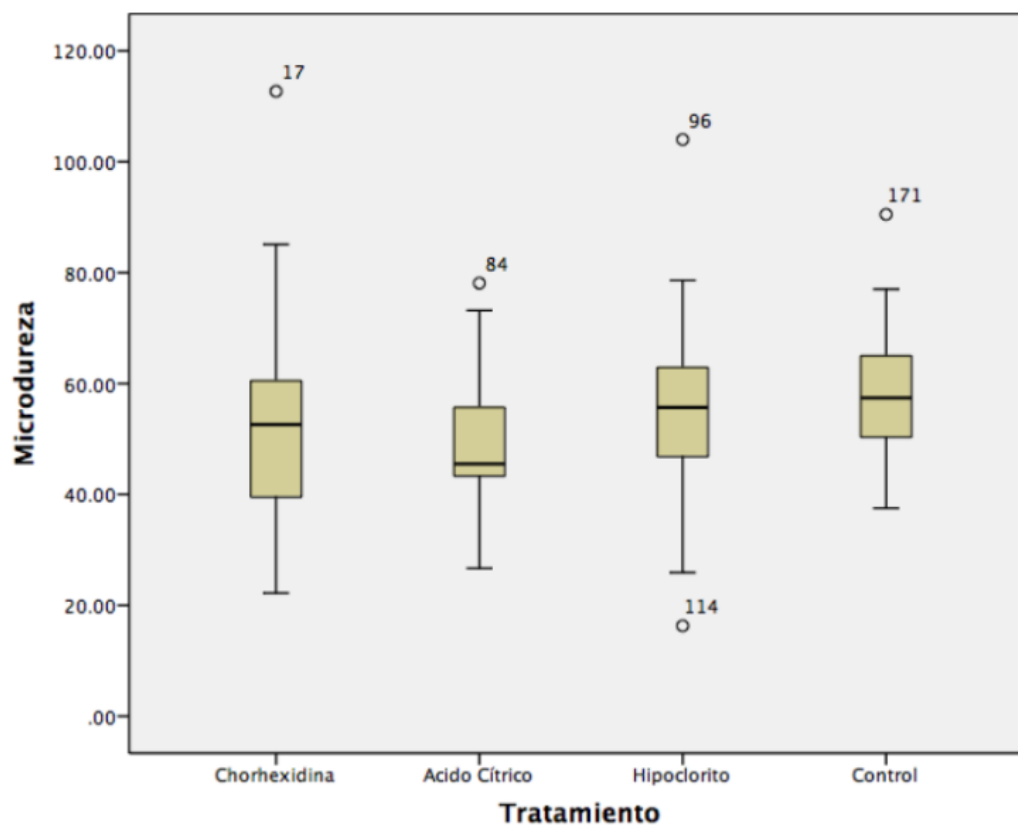
Todos los datos de la microdureza dentinaria fueron tabulados y analizados usando el programa SPSS. Al ser cifras que no tienen una distribución normal, se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. La comparación entre los grupos se realizó usando la prueba comparativa de Mann-Whitney.

7. RESULTADOS

Los resultados fueron obtenidos en Vickers, que es la magnitud de la microdureza que proporciona el microdurómetro. Para determinar los resultados, se realizó la tabulación de los datos en el programa estadístico SPSS. Primero, se generó un análisis descriptivo para obtener la media, la desviación típica, la simetría, la curtosis, entre otros elementos importantes de cada uno de los grupos experimentales. Esto permitió, posteriormente, determinar el comportamiento de normalidad de los datos. Dicho análisis descriptivo se muestra en la tabla 3 y en el gráfico 1.

Tabla 3. Análisis Descriptivo de los grupos experimentales

Grupo experimental	N	Mínimo	Máximo	Mediana	Desviación Estándar	Simetría	Curtosis
Clorhexidina	45	22.20	112.70	52.1733	16.67579	.912	2.854
Ac. Cítrico	45	26.70	78.10	48.9822	11.88757	.570	-.081
NaOCl	45	16.30	104.00	54.7000	15.19065	.190	2.072
Control	45	37.50	90.50	57.2822	11.01376	.314	.687

Gráfico 1. Gráfico de cajones del análisis descriptivo de los grupos experimentales

Una vez conseguidos estos datos, se procedió a realizar la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Se debe tomar en cuenta que para esta investigación, se estableció un grado de significancia de $p < 0.05$. Si los valores obtenidos en cada grupo experimental son menores al grado fijado, se trata de una distribución normal. Si, por el contrario, los valores son mayores a 0.05, no existiría normalidad (tabla 4).

Tabla 4. Prueba de Kolmogorov-Smirnov en los grupos experimentales

Grupo Experimental	Prueba de Kolmogorov-Smirnov
Clorhexidina	0.200*
Ac. Cítrico	0.018
NaOCl	0.200*
Control	0.200*

Como se puede observar en los resultados de la prueba estadística, el grupo de clorhexidina, el grupo de NaOCl y el grupo de control obtuvieron valores mayores al grado de significancia, establecido por lo que están dentro de la normalidad; sin embargo, el grupo de ácido cítrico tuvo un valor menor a 0.05, no normal. Como uno de los cuatro grupos no tiene una distribución normal, para continuar con la evaluación de datos, se empleó la prueba de Kruskal-Wallis y se determinó si los diferentes grupos experimentales produjeron efectos en la microdureza dentinaria.

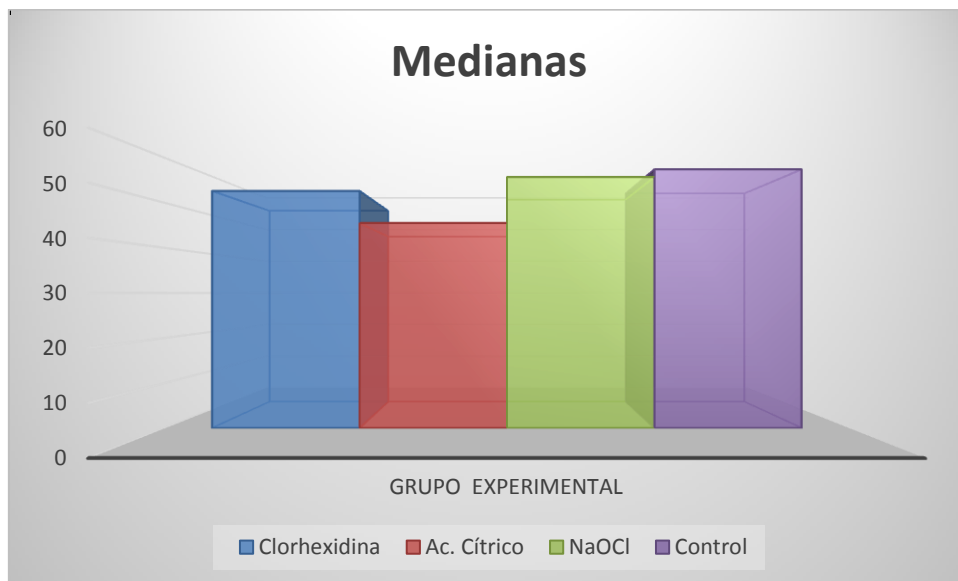
Para realizar la prueba de Kruskal-Wallis, se generaron las medianas de cada grupo experimental, gracias a las cuales se determinó el grado de significancia. Si dicha cantidad es mayor a la significancia establecida anteriormente (0.05), quiere decir que todos los grupos experimentales son iguales, en otras palabras, no generan alteraciones en la microdureza de la dentina. Si, por el contrario, el valor es menor, significa que los grupos no son iguales entre sí y que si producen cambios en la microdureza dentinaria. El valor obtenido tras realizar la

prueba de Kruskal-Wallis fue de 0.001, lo que indicó que los grupos experimentales si cambian la microdureza de la dentina.

Tabla 5. Medianas de los grupos experimentales y grado de significancia prueba

Kruskal-Wallis

Grupo Experimental	N	Mediana	Chi Cuadrado	Grado de significancia Kruskal-Wallis
Clorhexidina	45	52.6000	15.911	0.001
Ac. Cítrico	45	45.5000		
NaOCl	45	55.7000		
Control	45	57.4000		

Gráfico 2. Medianas de Grupos Experimentales

Finalmente, con los datos de las medianas establecidos se realizó la prueba de Mann-Whitney para comparar a los grupos experimentales y determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre los mismos. Se tomó como referencia el valor de $p < 0.05$ que se ha empleado como grado de significancia (tabla 6).

Tabla 6. Diferencias estadísticamente significativas entre grupos experimentales

Comparación entre grupos	Valor de significancia	Diferencia estadísticamente significativa
Clorhexidina – Ac. Cítrico	0.379	NO
Clorhexidina – NaOCl	0.302	NO
Clorhexidina – Control	0.05	SI
Ac. Cítrico - NaOCl	0.015	SI
Ac. Cítrico - Control	0.001	SI
NaOCl - Control	0.392	NO

La tabla 6 muestra que los grupos clorhexidina y ácido cítrico presentan una diferencia estadísticamente significativa con el grupo control. Por su parte, el grupo hipoclorito de sodio si bien posee una diferencia con el grupo control, ésta no es significativa. Al realizar una comparación entre grupos se pudo determinar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo ácido cítrico y el grupo hipoclorito de sodio.

8. DISCUSIÓN

El propósito de este estudio in vitro fue evaluar el impacto que tiene la combinación de diversos irrigantes en la microdureza dentinaria. Para esto, se determinó la microdureza de 60 segmentos dentales sometidos a diferentes protocolos de irrigación mediante un microdurómetro.

A pesar de las limitaciones que un estudio de este tipo presenta, se buscó simular el proceso de irrigación que se realiza en el escenario clínico. Por esta razón, se fijaron 5 minutos de exposición a cada irrigante ya que es el tiempo aproximado que está en contacto con la superficie dental en un tratamiento endodóncico (Ulusoy & et al, 2013) y ya que se ha empleado en estudios previos (Sayin & et al, 2007). Este tiempo es el recomendado para todos los irrigantes a excepción del EDTA que, según diversos autores, debe permanecer en el conducto durante 1 minuto (Yamada & et al, 1983); aunque, otros autores recomiendan usarlo por un tiempo de 15 minutos para conseguir resultados óptimos (Goldberg & et al, 1982).

Si bien se pudo haber realizado la irrigación antes de que el diente sea cortado para que la situación se asemeje más a la práctica convencional, para facilitar la manipulación de las muestras y evitar producir más variables, se decidió hacer la irrigación en los segmentos radiculares. No obstante, se eligieron las concentraciones de los irrigantes más utilizadas en la actualidad, con el propósito de obtener resultados más cercanos a la práctica realizada en clínica. Esto se debe a que la concentración de las sustancias es un aspecto importante en los resultados de la microdureza y, en consecuencia, en el post tratamiento (Zhang & et al, 2010). Por otro lado, se empleó protocolos de irrigación ya que, si bien existe una gran variedad de

sustancias irrigadoras, no cumplen de manera individual con los objetivos de limpieza de la endodoncia, por lo que es necesario combinarlas (Soares & Goldberg, 2002).

Generalmente, para medir la microdureza se emplea la prueba de microdureza (Saleh, 1999) con un indentador tipo Knoop o tipo Vickers (Pashley & et al, 1985). Sin embargo, para esta investigación, se decidió utilizar la prueba de microdureza Vickers ya que provee una evidencia indirecta de la pérdida o ganancia de minerales en los tejidos dentales duros (Unverdi Eldeniz & et al, 2005) y es el método que se emplea en los laboratorios de la Universidad San Francisco de Quito.

Por su parte, la zona del diente donde se realizó la medición fue elegida basándose en estudios que han reportado que la microdureza disminuye al ser medida desde regiones superficiales a regiones profundas. Esto se debe a que cerca de la pulpa existe un mayor número de túbulos dentinarios abiertos, lo que provoca una menor resistencia al indentador que se emplea (Saleh, 1999). Es decir, existe una relación inversamente proporcional entre la microdureza dentinaria y la densidad tubular (Pashley & Okabe, 1985). En base a esto, en este estudio se realizaron las mediciones en la mitad de la dentina radicular. De esta manera, se disminuyeron los efectos que las variaciones estructurales de cada diente podían producir y también se consiguió un parámetro de evaluación más razonable (Das & et al, 2014).

Los resultados del estudio revelaron que la microdureza de la dentina de los grupos experimentales sí se vio afectada tras realizar las irrigaciones. Se determinó que los grupos clorhexidina y ácido cítrico fueron los que presentaron una diferencia estadísticamente significativa al ser comparados con el grupo control. En cuanto al grupo hipoclorito de sodio, éste no mostro una diferencia estadísticamente significativa en comparación al grupo control.

La comparación realizada entre los grupos experimentales muestra una diferencia estadísticamente significativa en entre el grupo ácido cítrico y el grupo hipoclorito de sodio.

En consecuencia, la hipótesis planteada fue rechazada ya que el grupo que contiene hipoclorito de sodio y EDTA no fue el que disminuyó de mayor manera la microdureza dentinaria.

El grupo que disminuyó notablemente la microdureza fue el grupo de ácido cítrico, el cual consistió en una irrigación de 5ml de NaClO al 5,25%, seguido de 5ml de ácido cítrico en una concentración del 20% durante un periodo de 5 minutos para cada irrigante. En el estudio realizado por Unverdi (2005) se obtuvieron resultados acordes a lo obtenido en este estudio ya que el grupo de ácido cítrico disminuyó más a la microdureza en comparación con el grupo de EDTA. La posible razón para este resultado es el bajo pH propio del ácido cítrico, además de la acción quelante que posee, desmineralizando a los componentes calcificados de la dentina y dando como resultado la pérdida de calcio (Unverdi Eldeniz & et al, 2005).

En cuanto al hipoclorito de sodio, ésta es una sustancia alcalina en la cual, al ser consumido el cloro activo, se produce una disminución del pH. Es así que el momento en el que interactúa con la dentina, produce un efecto solvente de la matriz orgánica del tejido, generando una disminución en su microdureza (Jungbluth & et al, 2011). Al combinar estas dos sustancias, NaOCl y ácido cítrico, la microdureza de la dentina se ve notablemente disminuida. Esta diferencia es estadísticamente significativa al ser comparada con el grupo hipoclorito de sodio y el grupo control.

Se debe mencionar que, en contraste con este resultado, el estudio realizado por DeDeus (2006) mostró que, al comparar irrigaciones de EDTA y de ácido cítrico, la mayor

disminución en la dentina se dio en los grupos que fueron irrigados con EDTA; además, este irrigante mostró una relación importante entre el tiempo de contacto y el efecto observado. Sin embargo, los irrigantes fueron empleados de forma individual, sin tomar en cuenta que sus efectos pueden ser potenciados al combinarse con otros irrigantes. Por otro lado, en el estudio de Rai (2011), se obtuvo como resultado que no existía una diferencia significativa al irrigar con EDTA y ácido cítrico. No obstante, este estudio empleó ácido cítrico al 10%.

El grupo de clorhexidina, compuesto de 5ml de NaOCl al 5,25%, seguido de 5ml de EDTA al 17% y, finalmente, 5ml de clorhexidina al 2% durante 5 minutos en cada caso, es el grupo intermedio. Por su lado, el NaOCl es un agente reductor que, además de disolver la matriz orgánica, cambia la cristalinidad de la apatita, lo que produce un sustrato dentinario más quebradizo (Torres Reyes & Torres Rodríguez, 2014). En cuanto al EDTA, por ser un quelante, induce a un potencial ablandamiento de los componentes calcificados de la dentina (Cohen, Stewart, & Laster, 1970). Varios estudios demuestran que el EDTA produce efectos similares al ácido cítrico, pero no tan nocivos para el tejido. No obstante, cuando se combina con hipoclorito de sodio, disminuye la microdureza de la dentina. Esto se debe a que la descalcificación que produce el quelante se suma a la degradación de colágeno que genera el NaOCl (Unverdi Eldeniz & et al, 2005).

Esta alteración en la resistencia de la dentina aumenta aún más cuando se agrega clorhexidina. Esto coincide con los resultados obtenidos por Oliveira, et al. (2007) que demostraron que esta sustancia al 2% reduce significativamente la microdureza dentinaria. Además, cuando se combina clorhexidina con hipoclorito de sodio se produce un precipitado de PCA. Sin embargo, en el presente estudio se irrigó con EDTA entre estos irrigantes, por lo

que es poco probable la formación de dicho precipitado. No obstante, sí se pudo haber formado una sal producto de la neutralización de la parte catiónica de la clorhexidina y la parte aniónica del EDTA. Esta sal está compuesta en más de su 90% de EDTA o clorhexidina. Se sospecha que el remanente que se trata de agua, gluconato y sodio (Rasimick & et al, 2008). Es importante mencionar que dicha sal no produce ningún tipo de alteración directa en la dentina, pero sí un cierre de túbulos dentinarios (Rossi-Fedele & et al, 2012), disminuyendo la permeabilidad de los mismos y haciéndolos más frágiles (Giardino, Mohammadi, & al, 2015).

Este escenario ha sido comprobado por Saghiri, et al. (2009) quien reporta que el tratamiento con clorhexidina al 2% durante 5 minutos reduce la microdureza y causa erosión en el tejido. De forma semejante, en el estudio de Das, et al. (2014), el grupo que más disminuyó la microdureza dentinaria fue el grupo que incluía clorhexidina como irrigante final. Otros autores se refieren a las piezas dentales que son tratadas con este protocolo de irrigación como dientes con pronóstico reservado ya que posiblemente se fracturarán (Torres Reyes & Torres Rodríguez, 2014). Por el contrario, Ari, et al. (2004) concluyó que el tratamiento endodóncico con clorhexidina no altera la microdureza dentinaria. Sin embargo, se debe considerar que la concentración que empleó fue de 0,2%. Adicionalmente, es importante mencionar que el grupo de clorhexidina tuvo una diferencia estadísticamente significativa únicamente con el grupo control.

Finalmente, el grupo de hipoclorito de sodio que se sometió a 5ml de NaOCl al 5,25% durante 5 minutos, 5ml de EDTA al 17% durante 5 minutos y 5ml de NaOCl al 5,25% durante 5 minutos fue el que menos disminuyó la microdureza de la dentina. Este resultado fue igual al obtenido en el estudio de Tartari, et al. (2013), en el cual se encontró que el grupo en el que se

irrigó con hipoclorito de sodio como irrigante final no cambió significativamente la microdureza dentinaria, en comparación con los demás grupos que no utilizaron esta solución como último irrigante. En contraste, en el estudio realizado por Goldberg, et al. (1982), el autor sugiere en base a su investigación, que podría ser ventajoso el uso de clorhexidina en lugar de hipoclorito de sodio para disminuir los efectos nocivos en la microdureza dentinaria. Sin embargo, en dicho estudio se realizaron las irrigaciones con NaOCl de forma individual; la mayor disminución en la microdureza se da en una concentración de hipoclorito de sodio al 6% y esto se produce durante un periodo de 10 y 20 minutos, un tiempo mayor al empleado en el presente estudio (Goldberg & et al, 1982).

Se ha considerado que el uso de hipoclorito de sodio como irrigante final, posterior a la irrigación con de EDTA, produce una erosión de la dentina radicular, alteración en la elasticidad y fuerza flexural de la dentina e incrementa el riesgo de fracturas verticales. Esto se debe a la acción proteolítica del NaOCl en la matriz de colágeno de la dentina (Amit, Sanjit Kumar, & Shashirekha, 2015). Sin embargo, en el presente estudio se verificó que el impacto en la microdureza dentinaria del hipoclorito de sodio es menor con respecto al grupo de clorhexidina y aún menor con respecto al grupo de ácido de cítrico. Pese a esto, no existió diferencia estadísticamente significativa con el grupo de clorhexidina, aunque sí con el grupo de ácido cítrico. Cabe recalcar que tampoco presentó diferencia estadísticamente significativa con el grupo control.

El presente estudio presenta varias limitaciones. Primero, se encuentra el hecho de la cantidad limitada de muestras. Segundo, al ser un estudio *in vitro*, no refleja resultados tan acertados como los que se pondrían obtener con un estudio *in vivo*. Tercero, en cuanto al

método de irrigación empleado, éste no representa el procedimiento clínico que se realiza dentro de los conductos radiculares. Todos estos factores pudieron haber influido en los resultados obtenidos.

9. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos a través de este estudio, se puede concluir lo siguiente:

- El grupo de ácido cítrico fue el que más afectó a la microdureza de la dentina de forma estadísticamente significativa, comparándolo con el grupo control.
- El grupo de clorhexidina siguió al anterior en disminución de la microdureza dentinaria con diferencia estadísticamente significativa con respecto al grupo control.
- El grupo de hipoclorito de sodio fue el que menos afectó a la microdureza dentinaria con respecto al grupo control, sin presentar diferencia estadísticamente significativa.
- Existió diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de hipoclorito de sodio y ácido cítrico.
- No existió diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de hipoclorito de sodio y clorhexidina ni entre los grupos de ácido cítrico y clorhexidina.
- Se rechazó la hipótesis ya que el hipoclorito de sodio fue el grupo experimental que presentó la menor disminución en la microdureza de la dentina.
- Todos los protocolos de irrigación estudiados presentaron disminución en la microdureza de la dentina, con respecto al grupo control.

10. RECOMENDACIONES

- Para futuros estudios, se sugiere emplear una muestra más grande. Por otro lado, para tener resultados más acordes a la práctica clínica sería recomendable realizar la instrumentación e irrigación previa al corte de los especímenes.
- Se aconseja no sumergir la muestra en el acrílico ya que esto producirá choques con la punta del indentador del microdurómetro, puede dañarlo y no se podrá realizar la respectiva medición.
- Las muestras deben estar perfectamente pulidas, sino no se podrán observar las indentaciones realizadas bajo el microscopio del microdurómetro.
- Para futuros estudios, sería interesante medir la microdureza dentinaria de cada muestra antes y después de realizar las irrigaciones. Un estudio in vivo sería la manera más acertada de realizar este tipo de estudios para llegar a conclusiones en base a la práctica clínica.
- Para posteriores investigaciones, se recomienda emplear microscopía electrónica una vez realizadas las irrigaciones para determinar de esta manera los cambios ocurridos en la microdureza dentinaria
- Se recomienda reproducir esta investigación empleando otros irrigantes o realizando diferentes combinaciones de los mismos para determinar cuál es el protocolo de irrigación que menos disminuye la microdureza dentinaria, además de realizar una correcta desinfección y quelación de los conductos radiculares.

- Se recomienda a los profesionales tomar en cuenta el impacto que provocan en la microdureza dentinaria las sustancias irrigantes empleadas en la práctica diaria endodóncica ya que tienen una influencia directa en el tratamiento rehabilitador de las piezas dentarias.
- En base a la literatura citada, se sugiere utilizar irrigantes en menores concentraciones como la clorhexidina al 0,2%, emplear un volumen mínimo de las sustancias y, por último, amenorar el tiempo de aplicación de las mismas, tomando en cuenta que se debe garantizar tanto el éxito del tratamiento endodóncico como la disminución de los efectos nocivos sobre la dentina.
- Finalmente, se recomienda de preferencia no usar Ácido Cítrico como quelante ya que existen otras sustancias como el EDTA que cumplen con el mismo objetivo y tienen efectos menos nocivos en la estructura dental.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahir, B., & et al. (2014). Barrillo dentinario removal efficacy of different irrigating solutions: A comparative scanning electron microscope evaluati. *Indian Journal of Dental Research*, 617-622.
- Amit, J., Sanjit Kumar, S., & Shashirekha, G. (2015). Root Canal Irrigants: A Review of Their Interactions, Benefits, And Limitations. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* , 256-262.
- Ari, H., & et al. (2004). Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *Journal of Endodontics*, 2-95.
- Ari, H., & et al. (2004). Evaluation of the Effect of Endodontic Irrigation Solutions on the Microhardness and the Roughness of Root Canal Dentin. *JOE*, 792-794.
- Aslantas, E. E., & et al. (2014). Effect of EDTA, Sodium Hypochlorite, and Chlorhexidine Gluconate with or without Surface Modifiers on Dentin Microhardness. *JOE*, 876-879.
- Barrancos Mooney, J., & Barrancos, P. J. (2006). *Operatoria dental: integración clínica*. Ed. Médica Panamericana.
- Barrios, R., & et al. (2013). Antimicrobial Substantivity of Alexidine and Chlorhexidine in Dentin. *JOE*, 1413-1415.
- Basrani, B. R., & et al. (2007). Interaction between Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Gluconate. *JOE*, 966-969.
- Canalda, C., & Brau, E. (2006). *Endodoncia: técnicas clínicas y bases científicas*. Barcelona: Elsevier España.
- Cheron, R. A., & et al. (2011). Nanomechanical Properties of Endodontically Treated Teeth. *JOE*, 1562-1565.
- Cohen, S. (2008). *Vías de la Pulpa*. Madrid: Elsevier España.
- Cohen, S., Stewart, G., & Laster, L. (1970). The effects of acids, alkalies and chelating agents on dentine permeability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 631-634.
- Cruz, A. M., & et al. (2011). Effect of Chelating Solutions on the Microhardness of Root Canal Lumen Dentin. *JOE*, 358-362.
- Das, A., & et al. (2014). Dentine microhardness changes following conventional and alternate irrigation regimens: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*, 546-549.

- De-Deus, G., & et al. (2006). Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric on the microhardness of root dentine. *International Endodontic Journal*, 01–407.
- De Lima Machado, M. E. (2009). *Endodoncia: de la biología a la técnica*. Amolca.
- Di Lenarda, R., & et al. (2000). Effectiveness of 1 mol L⁻¹ citric acid and 15% EDTA irrigation on barrillo dentinario removal. *International Endodontic Journal*, 46-52.
- Fuentes Fuentes, M. (2004). Propiedades mecánicas de la dentina humana. *Avances en Odontoestomatología*, 79-83.
- García, D. (2001). Uso del Acido EtilendiaminoTetraacético (EDTA) en la Terapia Endodónica. *CEO*.
- Giardino, L., Mohammadi, Z., & al, e. (2015). Agonistic and Antagonistic Interactions between Chlorhexidine and Other Endodontic Agents: A Critical Review. *Iranian Endodontic Journal*, 1-5.
- Glassman, G. (2011). *Safety and Efficacy Consideratioons in Endodontic Irrigation*. Penwell.
- Goldberg, F., & et al. (1982). The effect of EDTAC and the variation of its working time analized with scanning electron microscopy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 53-74.
- Gómez de Ferraris, M. E., & et al. (2009). *Histologa, embriologa e ingeniera tisular bucodental*. Editorial Médica Panamericana.
- Hu, X., & et al. (2010). Effects of Irrigation Solutions on Dentin Wettability and Roughness. *JOE*, 1064-1067.
- Jungbluth, H., & et al. (2011). Stabilizing Sodium Hypochlorite at High pH:Effects on Soft Tissue and Dentin. *JOE*, 693-696.
- Marending, M., & et al. (2007). Effect of sodium hypochlorite on human root dentine — mechanical, chemical and structural evaluation. *Int Endod J*, 86-93.
- Mello, I., & et al. (2010). Influence of Final Rinse Technique on Ability of Ethylenediaminetetraacetic Acid of Removing Barrillo dentinario. *JOE*, 512-514.
- Mohammadi, Z., & et al. (2014). Antifungal Effects of Root Canal. *The New York State Dental Journal*, 58-63.
- Nageswar Rao, R. (2011). *Endodoncia Avanzada*. New Delhi: Amolca.
- Oliveira, L., & et al. (2007). Effects of chlorhexidine and sodium hypochlorite on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 125-128.

- Ortega, C., & et al. (1987). Técnicas de obturación en endodoncia. *Revista Española Endodoncia*, 91-104.
- Pashley, D., & et al. (1985). The relationship between dentin microhardness and tubular density. *Endod Dent Traumatol*, 76-79.
- Pashley, D., & Okabe, A. (1985). The relationship between dentin microhardness and tubular density. *Endod Dent Traumatol*, 76-79.
- Prado, M., & et al. (2013). Effect of Different Irrigation Protocols on Resin Sealer Bond Strength to Dentin. *JOE*, 689-692.
- Preeti, R., & et al. (2011). Effect of decalcifying agents on the microhardness of root dentin an in vivo and in vitro study . *Indian Journal of Comprehensive Dental Care*, 30-35.
- Qian, W., Shen, Y., & et al. (2011). Quantitative Analysis of the Effect of Irrigant Solution Sequences on Dentin Erosion. *Journal of Endodontics*, 1437-1441.
- Rasimick, B. J., & et al. (2008). Interaction between Chlorhexidine Digluconate and EDTA. *Journal of Endodontics*, 1521-1523.
- Rocas, I., & et al. (2011). Comparison of the In Vivo Antimicrobial Effectiveness of Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Used as Root Canal Irrigants: A Molecular Microbiology Study. *JOE*, 143-150
- Rodríguez Ponce, A. (2003). *Endodoncia Consideraciones Actuales*. Caracas: Amolca.
- Rossi-Fedele, G., & et al. (2012). Antagonistic Interactions between Sodium Hypochlorite, Chlorhexidine, EDTA, and Citric Acid. *JOE*, 426-431.
- Saghiri, M., & et al. (2009). A study of the relation between erosion and microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 29-34.
- Saleh, A. (1999). Effect of endodontic irrigation solutions on microhardness of root canal dentine. *J Dent*, 43-46.
- Sayin, & et al. (2007). The effect of EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl with and without subsequent NaOCl treatment on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 18-24.
- Schicht, O., Zehnder, M., & et al. (2005). Reducing Surface Tension in Endodontic Chelator Solutions Has No Effect on Their Ability to Remove Calcium from Instrumented Root Canals. *JOE*, 590-592.
- Shen, Y., & et al. (2011). Antimicrobial Efficacy of Chlorhexidine against Bacteria in Biofilms at Different Stages of Development. *JOE*, 657-661.

- Slutzky-Goldberg, I., & et al. (2004). Effect of Sodium Hypochlorite on Dentin Microhardness. *JOE*, 880-882.
- Soares, I. J., & Goldberg, F. (2002). *Endodoncia: técnica y fundamentos*. Ed. Médica Panamericana.
- Stojicic, S., & et al. (2010). Tissue Dissolution by Sodium Hypochlorite: Effect of Concentration, Temperature, Agitation, and Surfactant. *JOE*, 1558-1562.
- Tartari, T., & et al. (2013). A New Weak Chelator in Endodontics: Effects of Different Irrigation Regimens with Etidronate on Root Dentin Microhardness. *International Journal of Dentistry*, 1-7.
- Torres Reyes, L., & Torres Rodríguez, C. (2014). CARACTERIZACIÓN DE LA DENTINA TRATADA ENDODÓNICAMENTE. *Rev Fac Odontol Univ Antioq*, 372-388.
- Ulusoy, & et al. (2013). Effects of different irrigation solutions on root dentine microhardness, barrillo dentinario removal and erosion. *Australian Endodontic Journal*, 66-72.
- Ulusoy, Ö., & Görgül, G. (2013). Effects of different irrigation solutions on root dentine microhardness, barrillo dentinario removal and erosion. *Australian Endodontic Journal*, 66-72.
- Ulusoy, Ö., Gorgul, & et al. (2011). Effects of different irrigation solutions on root dentine microhardness, barrillo dentinario removal and erosion. *Australian Endodontic Journal*, 66-72.
- Unverdi Eldeniz, A., & et al. (2005). Effect of EDTA and Citric Acid Solutions on the Microhardness and the Roughness of Human Root Canla Dentin. *Journal of Endodontics*, 107-110.
- Wang, Z., & et al. (2013). Effect of Barrillo dentinario against Disinfection Protocols on *Enterococcus faecalis*-infected Dentin. *JOE*, 1395-1400.
- Yamada, R., & et al. (1983). A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *Journal of Endodontics*, 137-42.
- Zehnder, M., & et al. (2005). Chelation in Root Canal Therapy Reconsidered. *JOE*, 817-820.
- Zehnder, M., & et al. (2006). Root Canal Irrigants. *JOE*, 389-398.
- Zhang, K., & et al. (2010). Effects of different exposure times and concentrations of sodium hypochlorite/ethylenediaminetetraacetic acid on the structural integrity of mineralized dentin. *Journal of Endodontics*, 5-9.

12. ANEXOS

HV= Hardness Vickers

L= carga aplicada en kg

$$HV = \frac{1,854 * L}{D^2}$$

D= longitud de la diagonal al cuadrado en mm