

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Posgrados

**Estudio Comparativo in vitro de la remoción de barrillo dentinario
en conductos radiculares entre irrigación ultrasónica y EndoVac**

Ana María Espinosa Borrero

**María Fernanda Mora Coloma, Dra., Directora de
Tesis**

Tesis de Grado presentada como requisito
para la obtención del título de Especialista en Endodoncia

Quito, mayo de 2014

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Posgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Estudio Comparativo in vitro de la remoción de barrillo dentinario
en conductos radiculares entre irrigación ultrasónica y EndoVac**

Ana María Espinosa Borrero

María Fernanda Mora Coloma, Dra.
Directora de Tesis

Johanna Monar Coloma, Dra.
Miembro del Comité de Tesis

Silvana Terán, Dra.
Miembro del Comité de Tesis

Ana Cristina Viteri, Dra.
Miembro del Comité de Tesis

Nicolás Castrillón, Dr.
Director de la Maestría de Endodoncia

Fernando Sandoval, M.S.C.
Decano del Colegio de Odontología

Victor Viteri Breedy, Ph.D.
Decano del Colegio de Posgrados

Quito, mayo de 2014

© 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: Ana María Espinosa Borrero

C. I.: 1714172960

Fecha: Quito, mayo de 2014

DEDICATORIA

A mi familia,
quienes siempre serán lo más
importante en mi vida.

1 Resumen

El propósito de la terapia endodóntica es el tratamiento y la prevención de las piezas dentarias y gracias al tratamiento conseguir el mantenimiento, reparación y recuperación de la región apical. Debido a la complejidad anatómica y las limitaciones en la instrumentación, se ha puesto mucho interés en la irrigación y en el uso de sistemas para activar el irrigante dentro del conducto radicular. Actualmente se recomienda el uso del EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA) para remover el barrillo dentinario a través de un mecanismo de presión apical negativa. El propósito de este estudio fue comparar in vitro la eliminación de barrillo dentinario en conductos radiculares a nivel apical entre irrigación ultrasónica y EndoVac. Después de obtener las imágenes bajo el microscopio electrónico de barrido los resultados muestran que no existe una diferencia significativa entre los dos grupos, sin embargo el EndoVac presenta una limpieza ligeramente mayor que el ultrasonido. Hasta la actualidad no se ha encontrado un método de irrigación que elimine por completo el barrillo dentinario, por lo que el uso de diferentes irrigantes y la combinación de equipos es necesario para aumentar la limpieza y por ende el éxito del tratamiento endodóntico.

Palabras claves: *irrigación, barrillo dentinario, ultrasonido, EndoVac*

2 Abstract

The aims of endodontic therapy are the treatment and prevention of the tooth and thanks to that get the maintenance, repair and recovery of the apical region. Due to anatomical complexity and limitations in instrumentation, irrigation is a fundamental part of the treatment. The use of EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA) is currently recommended to remove the smear layer through a mechanism of apical negative pressure. The purpose of this study was to compare in vitro the removal of smear layer at the apical region of the root canal between ultrasonic irrigation and EndoVac. After obtaining the images under the scanning electron microscope, the results show that there is no significant difference between the two groups, however the EndoVac present a slightly larger cleaning than the ultrasound. Until now there is no method that eliminates completely the smear layer in the root canal, so the use of different irrigants and the combination of equipment is needed to increase the cleanliness and thus the success of the endodontic treatment.

Key words: *irrigation, smear layer, ultrasonic, EndoVac*

Tabla de Contenido

1	Resumen.....	6
2	Abstract	7
3	Introducción	13
4	Objetivos	15
4.1	Objetivo General	15
4.2	Objetivos Específicos.....	15
5	Hipótesis.....	16
6	Revisión de la Literatura.....	17
6.1	La Dentina	17
6.2	La Pulpa Dental.....	18
6.3	Complejo Dentino-Pulpar.....	19
6.4	Barrillo Dentinario	20
6.4.1	Remoción del barrillo dentinario	21
6.4.2	Métodos para remover el barrido dentinario	22
6.5	Remoción Química	23
6.5.1	Irrigación.....	23
6.5.2	Objetivos de la irrigación.....	23
6.5.3	Propiedades de un irrigante ideal	25
6.6	Sustancias Irrigadoras	27
6.6.1	Hipoclorito de Sodio.....	27
6.6.2	Quelantes	34
6.7	Burbuja de Vapor en Apical.....	36
6.8	Remoción Mecánica.....	37
6.8.1	Ultrasonido.....	37
6.8.2	EndoVac.....	42
7	Materiales y Métodos	48
7.1	Diseño del estudio.....	48
7.2	Muestra	48
7.3	Criterios de Inclusión.....	48
7.4	Criterios de Exclusión	49
7.5	Metodología	50

7.5.1	Preparación de la muestra	50
7.5.2	División de los Grupos	53
7.5.3	Manejo experimental de los cuerpos de prueba	55
7.5.4	Manejo de Datos	58
7.5.5	Parámetros de evaluación.....	59
7.6	Análisis Estadístico	59
8	Resultados	60
8.1	Valoraciones de los expertos	61
8.2	Comparación entre grupos.....	64
9	Discusión	70
10	Conclusión	76
11	Recomendaciones	77
12	Bibliografía	78
13	Anexo 1: Evaluación de concordancia entre expertos	84
14	Anexo 2: Valores Kappa de Cohen	85
15	Anexo 3: Tabla de Recolección de Datos	86
16	Anexo 4: Fotografías de las muestras bajo el MEB	88
16.1	Grupo Control.....	88
16.2	Grupo EndoVac.....	88
16.3	Grupo Ultrasonido.....	90

Lista de Figuras

Figura 1. Burbuja de vapor en apical.....	37
Figura 2. Dibujo esquemático del efecto de corriente acústica alrededor de un instrumento.....	40
Figura 3. a) IrriSafe (Satelec) b) IrriS (VDW).....	42
Figura 4. Fotografía que muestra la eliminación de barrillo dentinario en un istmo de un premolar.....	43
Figura 5. El irrigante no alcanza la zona apical cuando es introducido con una aguja de salida lateral.....	44
Figura 6. La microcánula del sistema EndoVac permite el paso del irrigante hasta la zona apical.....	45
Figura 7. Adaptador Multipuerto.....	45
Figura 8. Jeringa de irrigación y aspiración.....	46
Figura 9. Macrocánula.....	47
Figura 10. Microcánula.....	47
Figura 11. Limpieza de los dientes con curetas.....	49
Figura 12. Método de Schneider para establecer el grado de curvatura.....	50
Figura 13. a) Medición de 14 mm de la raíz, b) Corte con disco de diamante..	51
Figura 14. Longitud de trabajo con lima K #10.....	51
Figura 15. Instrumentación con lima Reciproc #40 (VDW).....	52
Figura 16. Irrigación con aguja NaviTip Ultradent.....	52
Figura 17. EDTA Eufar al 17%.....	54
Figura 18. Irrigación con puntas IrriSafe Satelec.....	54

Figura 19. Irrigación con la microcánula del EndoVac.....	54
Figura 20. a) Corte longitudinal del diente, b) Formación de la muestra.....	55
Figura 21. Envases rotulados donde se almacenaron las muestras.....	56
Figura 22. Recubrimiento con oro.....	57
Figura 23. Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) Quanta 400.....	58
Figura 24. Hoja milimetrada sobre fotografía para cuantificar la cantidad de túbulos abiertos.....	58
Figura 25. Fotografía Grupo Control visto al MEB.....	60
Figura 26. Fotografía del Grupo EndoVac visto al MEB.....	60
Figura 27. Fotografía del Grupo Ultrasonido visto al MEB.....	61

Lista de Tablas

Tabla 1. División de grupos.....	53
Tabla 2. Protocolo para la deshidratación de las muestras.....	56
Tabla 3. Parámetros de evaluación.....	59
Tabla 4. Valoraciones modales por grupo.....	62
Tabla 5. Valores de correlación de Spearman.....	62

Lista de gráficos

Gráfico 1. Nivel de contaminación y Proporción de área contaminada según Grupo.....	63
Gráfico 2. Q-Q plot para datos de EndoVac.....	64
Gráfico 3. Q-Q plot para datos de Ultrasonido.....	65
Gráfico 4. Funciones de densidad estimadas.....	65
Gráfico 5. Funciones de distribución estimadas.....	66
Gráfico 6. Curva ROC estimada a partir de la densidad.....	67
Gráfico 7. Contornos de verosimilitud y distribuciones estimadas.....	68

3 Introducción

El propósito de la terapia endodóntica es lograr una limpieza y conformación del conducto radicular para poder obturarlo tridimensionalmente, mantener la salud de los tejidos periradiculares y devolver al diente su función. Para cumplir esto es necesario eliminar la mayor cantidad de residuos orgánicos, inorgánicos y bacterias del sistema de conductos radiculares. Por lo tanto el desbridamiento es el mayor desafío para el tratamiento endodóntico, especialmente en la porción apical de la raíz. La morfología de los dientes presenta un sistema complejo de conductos como laterales, istmos, y canales accesorios que presentan un reto para lograr la completa eliminación de debris en el sistema de conductos radiculares. Debido a la complejidad anatómica y las limitaciones en la instrumentación, se ha puesto mucho interés en la irrigación y en el uso de sistemas para activar el irrigante dentro del conducto radicular. Es esencial la correcta irrigación para eliminar el barrillo dentinario porque la instrumentación por si sola es insuficiente y esto no permitirá el éxito del tratamiento. (1,2)

La irrigación a través de la jeringa es el método más convencional y utilizado alrededor del mundo. Se han utilizado varias combinaciones con este método de irrigación para lograr una mayor fluidez del irrigante dentro del conducto radicular, especialmente hacia la porción apical. Como irrigación final tenemos algunos métodos para activar el irrigante, desde mover conos de gutapercha y limas de arriba abajo dentro del conducto radicular hasta la utilización de instrumentos activados por medio del ultrasonido. (3,4)

Se han introducido varios equipos y técnicas de irrigación para lograr un desbridamiento de los conductos radiculares. Debido a que la agitación de los irrigantes incrementa la efectividad de los mismos, se han desarrollado varias técnicas manuales y equipos que logran esto. Se ha demostrado que la irrigación ultrasónica continua es efectiva para remover el barrillo dentinario pero puede producir percances, como es el aumento de la temperatura causando daño en el ligamento periodontal, fractura de las puntas de irrigación

ultrasónica, puntas que son desgastantes de dentina y pueden aumentar contenido intraconducto y no previene la extrusión del irrigante hacia el periápice. (3,4)

Otro sistema es el EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA), el cual es un sistema de irrigación apical con presión negativa. Estudios sugieren que el EndoVac deja significativamente menos barrillo dentinario 1 mm antes de la longitud de trabajo, ya que el irrigante se arrastra a lo largo de todo el conducto debido a la presión negativa causada por la macro y micro – cánula, las cuales absorben el mismo. Esto lleva a una mayor cantidad de flujo del irrigante y menor extrusión del mismo fuera del conducto radicular, disminuyendo los accidentes por hipoclorito de sodio. (5,6)

Muchos investigadores afirman que el éxito del tratamiento endodóntico se basa en la buena limpieza del sistema de conductos radiculares. Por esta razón el profesional debe conocer las propiedades químicas de la solución irrigadora, su mecanismo de acción, el método de aplicación más efectivo y los dispositivos que existen en el mercado para mejorar las condiciones del irrigante. Por lo tanto el objetivo de este estudio es comparar a través del microscopio electrónico de barrido, la efectividad de la irrigación final ultrasónica y el uso del EndoVac, en la remoción del barrido dentinario, en tercio apical. (1)

4 Objetivos

4.1 Objetivo General

Comparar a través del microscopio electrónico de barrido, la efectividad de la irrigación final ultrasónica y el uso del EndoVac, en la remoción del barrido dentinario, en tercio apical.

4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la efectividad de la irrigación final con ultrasonido, en la remoción del barrido dentinario a nivel del tercio apical.
- Evaluar la efectividad de la irrigación final con EndoVac, en la remoción del barrido dentinario a nivel del tercio apical.
- Determinar entre la irrigación ultrasónica y el EndoVac, cuál permite la mayor remoción del barrido dentinario.

5 Hipótesis

En observaciones al microscopio electrónico de barrido, el uso del EndoVac como irrigación final elimina de manera más eficaz el barrido dentinario en el tercio apical en comparación con el ultrasonido.

6 Revisión de la Literatura

6.1 La Dentina

Se compone en un 65% de materia inorgánica (hidroxiapatita de calcio), en un 25% de materiales orgánicos y en un 10% de agua. La sustancia orgánica es en su mayoría colágena I acompañada de proteoglicanos y glucoproteínas. (7)

La dentina integra el conducto radicular y la pulpa; proviene del mesodermo y es un tejido intermedio, más blando que el esmalte. Es el segundo tejido más duro del cuerpo. Es amarillento, y su alto grado de elasticidad, que depende de la estructura orgánica y contenido de agua, protege al esmalte suprayacente contra las fracturas. Está estrechamente vinculada a la pulpa dental, cuyas células especializadas, los odontoblastos, la elaboran dejando en su estructura sus prolongaciones citoplasmáticas o fibrillas de Tomes. Además de los componentes citoplasmáticos o fibrillas de Tomes, la dentina está constituida por una matriz colágena calcificada, atravesada por conductillos o túbulos dentarios desde el límite pulpar hasta esmalte en corona y cemento en raíz. La dentina es radiopaca por su relativamente alta impregnación de sales minerales. La dentina es producida por los odontoblastos, que se ubican entre la dentina y la pulpa dentaria, y que conservan su relación con la dentina durante toda la vida del diente, pudiendo ésta auto repararse. (7)

Resulta importante mencionar que cuando se hace una preparación cavitaria o cuando se realizan tratamiento de endodoncia, se está ejerciendo una actividad mecánica sobre el tejido dentinario. Durante esta actividad mecánica, los túbulos dentarios están bloqueados por la producción de una capa de barro dentinario que se forma durante la preparación. El barrillo dentinario está compuesto de partículas finas de restos de dentina cortada los cuales se producen durante la preparación de las cavidades o de los conductos radiculares. Las partículas del barrillo dentinario penetran en los túbulos a

modo de tapones cuya efectividad de taponamiento depende del tamaño de los túbulos y el de las partículas cortadas de dentina. (7)

Los efectos patológicos de las caries, la atrición, la abrasión dental, la preparación de cavidades y la conformación de conductos radiculares provocan cambios en la dentina. Los cambios se asocian con degeneración odontoblástica, calcificación de túbulos que conducen a esclerosis y formación de dentina terciaria. El estímulo de los odontoblastos induce al aumento de la dentinogénesis subyacente a un área de cambio patológico. (7)

6.2 La Pulpa Dental

La pulpa de los dientes se deriva del mesénquima de la papila dental, esta aparece embrionariamente como un tejido conjuntivo mucoso, se desarrolla hasta llegar a convertirse en un tejido blando. En la edad senil puede llegar a presentarse de tipo fibrosa. La pulpa dental es un tejido conectivo delicado que posee una gran cantidad de vasos sanguíneos pequeños, vasos linfáticos, células no diferenciadas de tejido conectivo y nervios mielinizados y no mielinizados. Como parte del complejo dentino-pulpar, este órgano tiene como función la formación de dentina estableciendo una relación histopatológica y fisiopatología. La pulpa está protegida por el esmalte y la dentina de los irritantes microbianos mecánicos y químicos, además esta presenta una elevada capacidad de reparación, curándose con facilidad en condiciones favorables. (7)

Es importante conocer que con el tiempo la pulpa disminuye de tamaño por el depósito continuo de dentina alrededor de todo el perímetro pulpar. Con el envejecimiento y los traumatismos también disminuyen las células pulpares así como las organelas citoplasmáticas lo cual sugiere una disminución en la capacidad de la pulpa para responder a las lesiones y autorrepararse. (7)

6.3 Complejo Dentino-Pulpar

El tejido pulpar y dentinario constituyen estructural y funcionalmente una unidad biológica denominada complejo dentino-pulpar. Una de las características más sorprendentes del complejo dentino-pulpar es su sensibilidad. La sensación más distinguida por este complejo es la del dolor, frecuentemente apreciado como difuso, haciendo difícil su localización clínica. (7)

Muchos estímulos tienen la capacidad de producir una respuesta dolorosa en la dentina como: los estímulos térmicos, mecánicos, químicos, etc. La dentina no es uniformemente perceptible, se dice que la dentina es sensible a nivel del límite amelodentinario y más sensible cerca de la pulpa. (7)

El dolor dentinario puede ser incitado por diferentes factores que explican que existe una vía nerviosa desde el sistema nervioso central hasta el límite amelodentinario. Estos pueden ser por lesiones, tales como cortes en la dentina provocando la pérdida de líquido; por la aplicación de sustancias hipertónicas y la estimulación térmica que puede provocar deformaciones en las terminaciones nerviosas por movimiento de líquido intertubular; y por la aplicación de sustancias a la superficie de la dentina tales como histamina, acetilcolina y cloruro de potasio. Estos agentes no siempre causan dolor y la aplicación de anestésico local a la dentina no produce alivio. (7)

Clínicamente las patologías de la pulpa son:

- Pulpa Sana
- Pulpitis Reversible
- Pulpitis Irreversible
- Necrosis Pulpar

6.4 Barrillo Dentinario

McComb y Smith, alrededor de 1975, fueron los primeros en describir el barrillo dentinario en canales radiculares instrumentados, por medio del microscopio electrónico. Los mismos afirmaron que el barrillo dentinario se crea como un subproducto no deseado después de la instrumentación manual o mecánica de los conductos radiculares durante la terapia endodóntica. (8)

Ellos sugirieron que el barrido dentinario o también llamado smear layer o capa residual está compuesto por una fase orgánica y otra inorgánica. La parte orgánica incluye las bacterias, células sanguíneas, fibras de colágeno y procesos odontoblásticos y/o restos de tejido necrótico. La parte inorgánica incluye la limalla dentinaria, constituida por hidroxiapatita donde los minerales que más predominan son el calcio y el fósforo. (8,9)

El barrillo dentinario está formado por partículas que van de 0.5 a 15 micras. Por esta razón una delgada capa del mismo puede ocluir la entrada de los túbulos dentinarios, introduciéndose hasta 10 micras dentro de los mismos. (8)

En las etapas iniciales de instrumentación el barrido dentinario en las paredes de los conductos, pueden tener un alto contenido orgánico debido a la presencia de tejido necrótico o pulpa vital. El aumento de las fuerzas centrífugas, como resultado del movimiento y de la proximidad de los instrumentos con las paredes dentinarias, forman una capa más gruesa de barrillo dentinario, que es necesaria su eliminación antes de la obturación. (1,10)

El barrillo dentinario para algunos autores puede ser benéfico porque reduce la permeabilidad de la dentina evitando la penetración de bacterias a los túbulos dentinales. Sin embargo, la mayoría de los estudios del tema afirman que el barrillo dentinario tiene más desventajas que ventajas. Entre estos tenemos:

- Sirve de acúmulo de bacterias que podrían producir una reagudización del proceso inflamatorio.
- Es una capa inestable y soluble que podría dejar un espacio para la posterior colonización bacteriana.
- Impide la penetración de irrigantes, medicamentos y materiales de obturación a los túbulos dentinales. (11,12)

La formación de barrido dentinario es casi inevitable durante la instrumentación, por lo que estudios como el de Shahravan en el 2007, se han enfocado en técnicas para su efectiva remoción, ya sean químicas, ultrasónicas o hidrodinámicas. (13)

6.4.1 Remoción del barrillo dentinario

La remoción o no del barrillo dentinario es un tema muy controversial. Algunas razones que los autores recomiendan la remoción del barrillo dentinario se resumen a continuación.

- Tiene un volumen y espesor no predecible, ya que una gran porción del barrido dentinario consiste en agua. (8)
- Contiene bacterias, sus productos y tejido necrótico. Las bacterias pueden sobrevivir y multiplicarse, para luego continuar invadiendo tejidos y proliferar en los túbulos dentinarios, sirviendo como reservorio microbiano de irritantes. (1)
- Puede actuar como sustrato para las bacterias, permitiendo una penetración más profunda en los túbulos dentinarios. (8)
- Puede limitar una óptima penetración de las sustancias irrigadoras, bloqueando el efecto desinfectante de los mismos. Algunos autores tales como Orstavik y Haapasalo, observaron que el barrido dentinario retrasa, pero no elimina la acción del desinfectante. (14)
- Puede actuar como una barrera entre los materiales de relleno y las paredes del canal radicular y por ende comprometer el sellado. Se ha

observado que al remover el barrido dentinario, los materiales de obturación penetran de 40 a 60 micras, aumentando la interface entre el material de relleno y las estructuras dentinarias, impidiendo de mejor manera la microfiltración. Por esta razón, los materiales de obturación deben ser colocados, una vez que se haya removido la capa de barrido dentinario. (13)

- Se encuentra adherido libremente en la estructura dentinaria y puede constituir una vía potencial de filtración y contaminación bacteriana, entre el canal radicular y las paredes dentinarias. Su remoción facilitará el sellado radicular. (8)

6.4.2 Métodos para remover el barrido dentinario

Para una remoción efectiva del barrido dentinario, tanto de sus componentes orgánicos como inorgánicos, se ha usando principalmente la combinación de hipoclorito de sodio al 5.25% y de agentes quelantes como el EDTA. La literatura señala que la remoción de barrillo dentinario es más efectiva en el tercio coronal y medio en relación al tercio apical, dependiendo del irrigante utilizado, de su volumen y del tiempo. El mayor diámetro del canal en el tercio coronal y medio, expone a la dentina a mayores volúmenes de irrigantes, permitiendo un mayor fluido de la solución y por ende, mayor eficacia en la remoción del barrido dentinario. (10,15)

Varios factores pueden influenciar en la eficacia de los irrigantes para lograr remover el barrido dentinario, como son por ejemplo el instrumento final apical, el tamaño de la aguja utilizada para irrigar, el tiempo utilizado para irrigar y el volumen del irrigante. Más adelante se describirán algunos métodos que buscan remover el barrido dentinario. (16)

6.5 Remoción Química

6.5.1 Irrigación

Es el proceso por el cual se introduce y aspira soluciones dentro de la cámara pulpar y conductos radiculares, cuyo objetivo es limpiar cualquier residuo de pulpa, bacterias y dentina remanente en los conductos antes, durante y después de la instrumentación. Para realizar dicha irrigación al interior del conducto se utiliza una jeringa hipodérmica, junto a una aguja de bajo calibre. Este lavado busca realizar una limpieza del tejido orgánico e inorgánico evitando así cualquier taponamiento de los conductos ya sea por bacterias o residuos. También busca mantener las paredes dentinarias hidratadas, permitiendo el ingreso de instrumento endodóntico y aumentando el porcentaje de éxito de la endodoncia. (17)

La principal función del uso de irrigantes intraconducto es la limpieza del conducto durante el proceso de ensanchamiento y conformación. Actualmente la conformación del conducto radicular se ve muy favorecida con los avances tecnológicos pero la limpieza de los conductos sigue basándose principalmente en el uso de productos químicos de lavado e irrigación. Esto se debe a las variables existentes en la anatomía interna del diente. (18)

Leonardo menciona que estudios realizados con microscopía de barrido, muestran que la remoción de los restos orgánicos y microorganismos del conducto radicular parece depender más de la cantidad de solución irrigadora que del tipo de solución utilizada. (17)

6.5.2 Objetivos de la irrigación

Se considera la irrigación como un valioso auxiliar en la preparación del conducto radicular. Pero a pesar que se lo conoce como un procedimiento

auxiliar, se sabe que su uso es indispensable durante la preparación del mismo.

Existen principales objetivos de la irrigación, estos son:

- Arrastre, retirando los restos de dentina para evitar el taponamiento del conducto radicular. (18)
- Disolución, de agentes orgánicos e inorgánicos del conducto radicular, incluyendo la capa de desecho que se produce en la superficie de la dentina por la acción de los instrumentos y se compacta al interior de los túbulos dentinarios. (19)
- Acción antiséptica o desinfectante. (19)
- Lubricante, sirviendo de medio de lubricación para la instrumentación del conducto radicular. (20)
- Acción blanqueante, debido a la presencia de oxígeno naciente. (18)

A pesar que el desbridamiento inicial se logra con instrumentos manuales, la irrigación es necesaria para eliminar todos los residuos hísticos de la cámara pulpar y los conductos. Esto siendo de suma importancia ya que los mecanismos manuales no logran alcanzar la eliminación de remanentes de tejido en áreas como grietas, invaginaciones y conductos accesorios. Lo que busca es eliminar los detritos dentro del conducto radicular, ya sean preexistentes (restos pulpares, materiales del medio bucal) o creados como consecuencia de la instrumentación (virutas de dentina). También se debe tratar el tejido hístico de acuerdo a su tipo, ya sea tejido vital o necrótico. Lamentablemente, las soluciones para irrigar no tienen la misma eficacia en los tipos de tejido y muchas veces podemos encontrar más de un tipo de tejido en el diente a tratar, complicando más la situación. Dentro de la acción antibacteriana, lo que buscamos es neutralizar o eliminar bacterias y los productos secundarios metabólicos asociados. (2,21)

Se debe reducir la cantidad de bacterias existentes en los conductos radiculares, esto consiguiéndolo por medio del lavado y por la acción antibacteriana de la sustancia irrigadora utilizada. Como lubricante se busca

que las paredes dentinarias se mantengan hidratadas para que la acción del instrumento se facilite. (20)

Otro punto a considerar es el método y la eficacia de la instrumentación del conducto. Esto depende del tipo de preparación, ya sea retrógrada o convencional. Estudios demuestran que la preparación retrógrada deja menos residuos de tejido dentro del conducto. Claro que todo depende del trabajo del profesional. Es importante que la lima final llegue hasta la longitud de trabajo requerida para que la penetración del irrigante sea eficiente. (22)

Otros factores que se deben considerar para alcanzar los objetivos de la irrigación son: cantidad y temperatura del irrigante, el tiempo de contacto, la profundidad de penetración de la aguja que se utiliza para la irrigación, el tipo y calibre de la aguja, la tensión superficial de la solución irrigante y la antigüedad de la misma. (16)

6.5.3 Propiedades de un irrigante ideal

Hasta el día de hoy, no existe ninguna solución que posea todas las propiedades de un irrigante ideal. El irrigante ideal debería ser capaz de brindar una disolución tisular, ser bacteriostático, bactericida, eliminar el detrito creado durante los procesos de limpieza y conformación, lubricar los instrumentos, incluso desmineralizar y retirar la capa residual. Cabe recalcar que las soluciones neutrales, como son el agua, suero fisiológico o soluciones anestésicas no cumplen ningún objetivo como irrigantes intraconducto. (23,24)

La solución irrigadora debe poseer una baja tensión superficial para que se promueva el fluido de líquido en áreas como grietas, invaginaciones o conductos accesorios. Debe tener mínima reactividad para no causar daño tisular si existe una pequeña extrusión hacia el tejido periapical. (25,26)

Como resumen Walton describe las características de un irrigante ideal, de la siguiente manera:

- Solvente de tejido o residuos: en áreas que los instrumentos manuales no alcanzan a cumplir su función de limpieza y conformación, el irrigante debe disolver o romper remanentes de tejido blando o duro para permitir su eliminación.
- Baja toxicidad: la solución irrigadora no debe ser agresiva para los tejidos perirradiculares.
- Baja tensión superficial: esto permite el flujo del irrigante a espacios inaccesibles.
- Lubricantes: esto permite que los instrumentos se deslicen dentro del conducto.
- Esterilización (o desinfección).
- Eliminación de la capa residual: la capa residual contiene microcristales y partículas orgánicas de desecho presente en las paredes del conducto después de la preparación del mismo. Esta capa es removida por las soluciones quelantes y descalcificantes. Actualmente se sugiere que la eliminación de esta capa parece inhibir la colonización bacteriana, pero no se sabe con exactitud si es necesaria su eliminación.
- Otros factores: la solución no debe neutralizarse con facilidad dentro del conducto para que converse su eficacia. Los irrigantes deben encontrarse con facilidad, su costo debe ser moderado, tiempo de vida adecuado y ser de fácil almacenamiento. (27)

Gunner propone que, debido a que ninguna solución irrigadora cumple todos los requisitos para ser ideal, es necesario combinar dos o más agentes irrigadores durante la limpieza y conformación del conducto radicular. (28)

6.6 Sustancias Irrigadoras

6.6.1 Hipoclorito de Sodio

El hipoclorito de sodio es una sal formada por la unión de dos compuestos químicos, el ácido hipocloroso y el hidróxido de sodio, que presenta como características principales sus propiedades oxidantes. (23)

Henry Dakin fue el primero en recomendar una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl), para la irrigación de heridas en los soldados de la primera guerra mundial. En la actualidad su uso en la clínica es generalizado y se lo utiliza en concentraciones que van de 0.5 al 5.25%, siendo el irrigante más utilizado en la endodoncia moderna por sus propiedades antibacterianas, lubricantes y disolventes de tejido. (23)

6.6.1.1 Composición del hipoclorito de sodio

La fórmula del hipoclorito de sodio es NaOCl. Su composición consiste en Na: 13.97%; O: 58.35 % y Cl: 21.55 %. (17)

El uso de hipoclorito de sodio en el campo de endodoncia fue sugerido por Blass, usado por Walker en 1936 y ampliamente difundido por Grossman. En el año de 1941, Grossman y Meiman, citados por Leonardo, evaluaron varios agentes químicos usados para la preparación biomecánica de los conductos radiculares y concluyeron que la solución de hipoclorito de sodio al 4-6% fue el irrigante más eficaz para remover el tejido pulpar. (17)

6.6.1.2 Propiedades del Hipoclorito de sodio

El irrigante más eficaz es la solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) a diferentes concentraciones, ya que posee efectos antimicrobianos, es un desinfectante potente, es un antibacteriana efectivo, disuelve material orgánico, como la capacidad de disolución tisular, es un neutralizante de productos tóxicos, tiene una acción rápida, desodorizante y blanqueadora. Es una solución muy económica y fácil de adquirirla. (29)

1. Baja tensión superficial: debido a esto el hipoclorito de sodio es capaz de penetrar en áreas que no logra alcanzar la instrumentación mecánica. Y crea condiciones para mejorar la eficiencia del medicamento de uso tópico aplicado entre citas.
2. Neutraliza parcialmente productos tóxicos: la solución de NaOCl al 5.25% logra neutralizar parcialmente los productos tóxicos y remover todo el contenido tóxico en la primera sesión, de tal manera que no existan agudizaciones de los procesos periapicales crónicos.
3. Bactericida: cuando la solución entra en contacto con los restos pulpares, libera oxígeno y cloro, siendo estos los mejores antisépticos conocidos.
4. Lubricante durante la instrumentación: debido a que humedece las paredes de los conductos radiculares y facilita la acción de los instrumentos.
5. pH alcalino: debido a su pH de 11.8, el NaOCl neutraliza la acidez del medio dejándolo impropio para la colonización bacteriana.
6. Acción disolvente: es el disolvente más eficaz para disolver el tejido pulpar.
7. Deshidrata y solubiliza las sustancias proteicas: los restos pulpares, microorganismos, bacterias alojadas en los túbulos dentinarios, están constituidas por prótidos. El NaOCl deshidrata y solubiliza esas sustancias proteicas, transformándolas en materias fáciles de eliminar.
8. Tiene acción rápida
9. No es irritante en las condiciones de uso

10. Tiene acción de limpieza (arrastre mecánico): el momento que el hipoclorito entra en contacto con los restos necróticos, se deshace en cloro y oxígeno, siendo estos volátiles, lo que significa que buscan un área de escape, llevando a su paso los restos pulpares, bacterias, etc, por arrastre mecánico.
11. Tiene bajo costo (17)

6.6.1.3 Desventajas del hipoclorito de sodio

1. Citotóxico, ya que causa daño tisular en los tejidos periapicales.
2. No logra eliminar la capa residual creada durante el agrandamiento y conformación del conducto radicular, llamada barrillo dentinario.
3. Cáustico
4. Sabor inaceptable para los pacientes. (2)

6.6.1.4 Concentraciones de uso en endodoncia

Las concentraciones del uso de hipoclorito de sodio varían de acuerdo al clínico pero es importante conocer que para tener un control bacteriano y disolución tisular los porcentajes deben estar entre 2.5% a 6%. En bajas concentraciones el hipoclorito de sodio no causa irritación tisular (0.5% a 1%), mientras que en concentraciones altas (2.5% a 6%) es un potente irritante tisular. Debido a esto, estas concentraciones deben utilizarse con mucha precaución. La mayoría de soluciones de hipoclorito de sodio que se encuentran en el mercado vienen en concentraciones de 5.25%, muy efectiva para la irrigación del conducto radicular, pero ciertos clínicos prefieren diluirla a una solución de 2.5%. Mientras más se lo diluya, menor su efectividad, pero las soluciones de hipoclorito de sodio a mayor concentración, son menos estables, por lo que su vida útil disminuye. (17,29)

Leonardo describe las soluciones de hipoclorito de sodio, de acuerdo a su concentración:

- Solución del hipoclorito de sodio al 0.5% (Líquido de Dakin):
- Solución del hipoclorito de sodio al 1% (Solución de Milton)
- Solución del hipoclorito de sodio al 2.5% (Licor de Labarraque)
- Solución del hipoclorito de sodio al 4-6.5% (Soda clorada doblemente concentrada)
- Solución del hipoclorito de sodio al 5.25% (Preparación oficial) (17)

Soares menciona que el hipoclorito de sodio de baja y mediana concentración (0.5%, 1% y 2.5%), es indicado para el tratamiento de dientes vitales. (13) Sin embargo, Ahmet, et al (19), Spangberg et al, citados por Maura et al, (29) mencionan que los investigadores no llegan a un acuerdo de que concentración de hipoclorito de sodio es la más adecuada para uso en la clínica. Por otro lado Ingram et al, menciona que existe controversia en la concentración apropiada requerida para maximizar las propiedades antimicrobianas, pero disminuyendo los efectos tóxicos para los tejidos periradiculares. (24)

Trepagnier informó que el hipoclorito de sodio al 5.25% o al 2.6% tienen el mismo efecto cuando se utilizan en el conducto radicular por cinco minutos. A pesar de esto, se conoce que tanto la temperatura como la concentración de NaOCl, afecta la eficacia de la solución. Es importante conocer que el calentamiento de la solución aumenta su efecto bactericida. El hipoclorito de sodio calentado a 37°C es muy eficaz pero solo se mantiene estable por cuatro horas.

Gutman sugiere el uso de los irrigantes de la siguiente manera para que sean más eficaces:

1. Al porcentaje del 2.5% al 6%.
2. Calentados a 37 °C para activar la actividad biológica.
3. En cantidades abundantes, irrigando constantemente el conducto.

4. Después de cada instrumento, ya sea instrumentos rotatorios o manuales.
5. Aplicar la solución lentamente y usando agujas con orificio de salida lateral.
6. También incluir su uso durante períodos entre 5 y 30 minutos dentro del conducto radicular. (22)

La velocidad de disolución tisular depende del tiempo de contacto entre la solución de NaOCl y el tejido. Debido a esto, los movimientos de instrumentación o el uso de ultrasonidos, acelera el proceso de disolución tisular. La diferencia entre estudios in vitro e in vivo es que durante la clínica los irrigantes tienen un contacto limitado con la superficie y se neutralizan. Tampoco tienen un contacto extenso con todas las áreas del conducto, por lo tanto no llega a alcanzar todas las áreas inaccesibles para el instrumento. Esto lleva a que no exista una eliminación completa de la población bacteriana.

En un estudio realizado por Moura et al, reportaron la eliminación completa de muestras de bacterias *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Porphyromonas gingivalis* y *Fusobacterium nucleatum*, con irrigaciones de hipoclorito de sodio al 1% y 5% durante el minuto 0, 5 minutos después, 15 y 30 minutos después. Mientras que soluciones con clorexhidina a diferentes concentraciones no logró tanta efectividad. (29)

6.6.1.5 Mecanismo de acción

La elección de una solución irrigante para el uso en conductos radiculares infectados requiere del conocimiento previo de los microorganismos responsables del proceso infeccioso, así como las propiedades de las diferentes soluciones irrigantes. La anatomía del complejo interno, la defensa del huésped y la virulencia de los microorganismos son factores importantes en el tratamiento dental con periodontitis apical asintomática. Las soluciones irrigantes deben tener la capacidad de expresar acción antimicrobiana y

disolución de tejidos. El hipoclorito de sodio es la solución irrigante más usada en la endodoncia, porque su mecanismo de acción causa alteraciones biosintéticas en el metabolismo celular y destrucción de fosfolípidos, formación de cloraminas que interfieren en el metabolismo celular, acción oxidativa con inhibición enzimática irreversible en la bacteria y degradación de lípidos y ácidos grasos. (30)

Las reacciones entre el tejido orgánico y el hipoclorito de sodio son:

- Reacción de Saponificación: el hipoclorito de sodio actúa como solvente graso orgánico degradando los ácidos grasos y transformándolos en sales ácidas grasas (jabón) y glicerol (alcohol). Esto reduce la tensión superficial en la solución remanente. (30)
- Reacción de neutralización de amino ácido: el hipoclorito de sodio neutraliza los amino ácidos formando agua y sal. La salida de iones hidroxilos reduce el pH. Con esto se neutraliza la acidez del medio evitando la colonización bacteriana. (30)
- Reacción de Cloraminación: el ácido hipocloroso en contacto con tejido orgánico, actúa como solvente liberando clorina. La clorina en conjunto con la proteína del grupo amino forma cloraminas. La función de las cloraminas es interferir en el metabolismo celular. La clorina es un oxidante fuerte, que presenta una acción antimicrobiana (inhibe las enzimas bacterianas), llevando a una oxidación irreversible de grupos SH (grupo sulfhidrilo) de las enzimas bacterianas esenciales. (30)

El cloro es uno de los más potentes germicidas conocidos. Este ejerce acción antibacteriana en la forma de ácido hipocloroso no disociado. Este ácido al estar en solución neutra o ácida no se disocia y su acción bactericida es efectiva. Dakin y Dunham, citados por Leonardo, mencionan que esta acción se realiza por oxidación de la materia orgánica, proceso por el cual, el cloro sustituye al hidrógeno del grupo de las proteínas, que contiene gran número de aminoácidos. El nuevo compuesto que se forma, pertenece al grupo de las cloraminas, presentando elevada acción bacteriana. (17)

Las múltiples acciones que presenta el hipoclorito de sodio, justifica la complejidad de las reacciones químicas del mismo, como también la indefinición de su real mecanismo de acción bactericida. La acción antibacterial ocurre por la oxidación de las enzimas bacterianas, que llevan a la desorganización de su metabolismo. (5)

El efecto del hipoclorito de sodio queda inactivo en presencia de materiales oxidables, tales como, los detritos de dentina y el material orgánico, ya que lo disocia en iones de Na^+ y Cl^- . Por esta razón, se lo debe estar reponiendo de manera constante durante todo el proceso de limpieza y conformación. (30)

Se ha demostrado que el NaOCl es el agente antimicrobiano más eficaz. Puede matar todos los microbios de los conductos radiculares, incluyendo los virus y las bacterias que se forman por esporas. (4)

6.6.1.6 Factores que afectan las propiedades del hipoclorito

- El aumento de la temperatura efectiviza y potencializa las propiedades del NaOCl, ya que al aplicar calor la energía cinética de las moléculas contactarán más rápido y producirán la desintegración de las superficies que contacten en un tiempo menor. La desventaja de esto es que al calentarlo a 37 °C sólo se mantiene estable por 4 horas. (17)
- Diluir la sustancia disminuye el olor del hipoclorito, sin embargo, esto afecta sustancialmente su propiedad antimicrobiana, propiedad de dilución del tejido, por lo tanto aumenta el tiempo de exposición necesaria para destruir los organismos. (31)
- La estabilidad de las soluciones de NaOCl se reducen debido a su disminución del pH, dado por la presencia de iones metálicos, ocasionados por la exposición a la luz durante la apertura de su recipiente, por el aumento de temperatura y por el aumento de su concentración. Para controlar su estabilidad es importante conservarlas en recipientes a prueba de luz y en un lugar seco. (30)

- El momento que se diluya el NaOCl, deberá ser de manera rápida después de adquirirlas porque las soluciones concentradas de hipoclorito de sodio se deterioran rápidamente. (17)

6.6.2 Quelantes

El término quelar viene del griego "chele" que significa garra, por lo que su acción de unión es muy fuerte ya que atrapa un complejo molecular y provoca la ruptura de sus enlaces iónicos. De esta manera provoca la disgregación molecular de la sustancia con la que está contactando. Los quelantes son sustancias químicas que causan una unión molecular entre el quelante y los iones metálicos del complejo molecular que están entrelazado. En otras palabras, el quelante remueve los iones inorgánicos al captar los iones metálicos tales como magnesio, calcio, sodio, potasio y litio. (10)

El primer caso reportado del uso de este compuesto en tejido dentario fue en el año de 1951 por Hahn & Reygadas y utilizado en endodoncia en 1957 por Nygaard Ostby. (10)

6.6.2.1 Mecanismo de acción

En endodoncia el efecto de las sustancias quelantes no es de desmineralización sino de descalcificación de un tejido mineralizado como es la pared del conducto radicular o el barrillo dentinario. La sustancia quelante interactúa con los iones metálicos de la hidroxiapatita, para producir un quelato metálico, el cual reacciona con las terminaciones del agente quelante al remover los iones de calcio de la dentina. El mecanismo de acción de los quelantes es auto-limitado cuando todos los iones de calcio libres han sido quelados y no hay más dentina para ser disuelta. (12)

6.6.2.2 Propiedades de los quelantes

1. Elimina la capa de barrillo dentinario
2. Baja toxicidad
3. Baja tensión superficial
4. Es lubricante
5. Incoloro, inodoro y sabor neutro
6. Tiene acción rápida
7. Fácil manipulación (17,27)

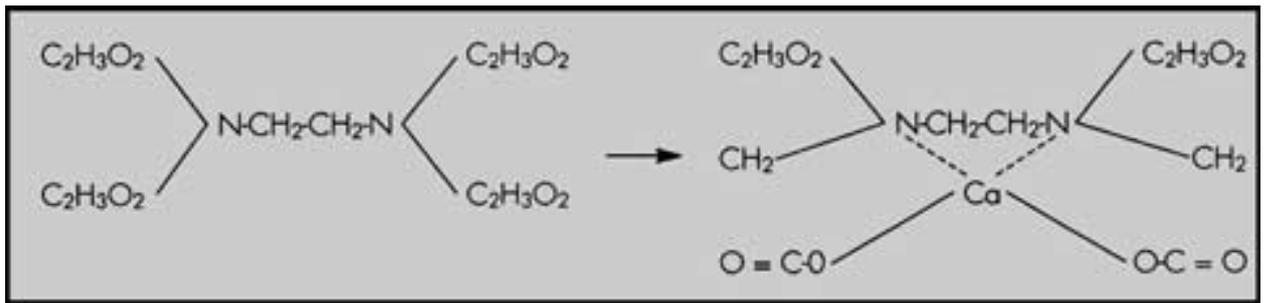
6.6.2.3 Tiempo de trabajo de los quelantes

Existen muchos estudios sobre el tiempo de acción de los quelantes, algunos de ellos contradictorios, se recomienda según algunos autores dejarlo actuar por lo menos 15 minutos, mientras que otros autores prefieren dejarlo aproximadamente 14 horas. En estudios recientes se refiere que 1 minuto de acción del EDTA es suficiente para remover el smear layer y que una exposición mayor a 10 min puede provocar la desmineralización excesiva de los tubulos dentinarios especialmente cuando se le combina con NaOCl. (2)

Sin embargo hasta la fecha no se puede determinar un tiempo exacto de tiempo de trabajo ya sea del EDTA en pasta o líquido clínicamente. (17)

6.6.2.4 Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)

Actualmente los quelantes son compuestos que se basan en ácido etilendiaminotetraacético, que es una sal disódica dihidratada, el cual puede descalcificar hasta 50 μm del conducto radicular. Su fórmula química es $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_{8.2}\text{H}_2\text{O}$ y su estructura a continuación



En el año de 1957 Ostby recomendó su uso como coadyuvante en la preparación de conductos estrechos y calcificados para suavizar la dentina. Posteriormente, lo recomienda como irrigante endodóntico para eliminar el barrillo dentinario a una concentración del 17% y un pH de 7.3. Este viene de su fórmula original:

- 17 gramos de EDTA sal disódica
- 100 ml de agua destilada
- 9.25 ml de solución 5 molar de hidróxido de sodio 9,25ml (27)

El método más efectivo para remover el barrillo dentinario es irrigar con hipoclorito de sodio al 5.25% durante toda la preparación mecánica y como irrigación final utilizar 10 ml de EDTA al 17% seguido de 10 ml de NaOCl al 5.25%. (10)

6.7 Burbuja de Vapor en Apical

Las raíces actúan como un conducto sin salida ya que las raíces están cubiertas con periodonto y el foramen está cerrado. Solo si el foramen está abierto fuera lo contrario. Durante la irrigación, esto produce una burbuja de vapor en apical que impide que el irrigante fluya hasta esta porción y no se produzca un debridamiento exitoso. Esta burbuja de vapor también permite que los gases queden atrapados, haciendo imposible que los irrigantes fluyan por toda la longitud. Los gases se forman durante la irrigación cuando el hipoclorito de sodio actúa con el tejido orgánico, resultando en hidrólisis que libera

grandes cantidades de amonio y dióxido de carbono. El paso de instrumentos no rompe esta burbuja de gas, por lo tanto la irrigación manual por sí sola no permite un correcto flujo de los irrigantes hasta la zona apical. (Fig. 1) Por esta razón se han desarrollado nuevos protocolos de irrigación que buscan llevar el irrigante a través de toda la longitud y desinfectar el conducto de manera más exitosa. (32,33)

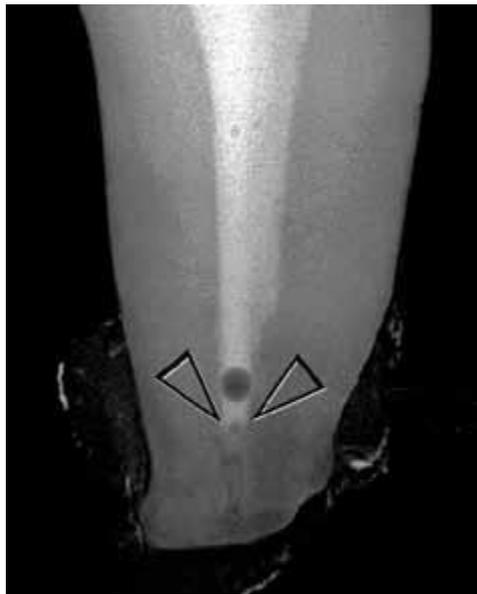


Fig 1. Burbuja de vapor en apical

6.8 Remoción Mecánica

6.8.1 Ultrasonido

El uso del ultrasonido (US) fue introducido primero en Odontología para preparación de cavidades utilizando superficies abrasivas, aunque esta técnica fue buena no tuvo acogida porque se podían obtener mejores resultados con las piezas de mano de alta velocidad. En 1955 Zinner reporta el uso de dispositivos ultrasónicos para remoción de depósitos sobre las superficies

dentales. Este concepto fue mejorado por Johnson y Wilson, consiguiendo fabricar un Scaler Ultrasónico para remover cálculo y placa dental. (32,34)

El concepto de ultrasonido en endodoncia fue introducido por Richman en 1957, pero fue Martin y cols quienes demostraron la capacidad para cortar dentina cuando se activaba ultrasónicamente una lima K. El término *Endosonic* fue acuñado por Martin y Cunningham y fue definido como sistema ultrasónico y sinérgico de instrumentación y desinfección del conducto radicular. (32,35)

El ultrasonido se define como la energía del sonido con una frecuencia por encima del rango del oído humano (20 KHz). La frecuencia utilizada dentro de odontología varía entre 25 a 40 KHz. (35)

6.8.1.1 Formas de producir ultrasonido

- **Magnetrocción:** conversión de energía electromagnética en energía mecánica. Apilamiento de tiras de metal magnetostrictivo sometido a un estable y alternante campo magnético, resulta en la producción de vibración. (36)
 - 24 KHz
 - Movimiento elíptico
 - Genera calor
 - No recomendado para endodoncia
- **Principio Piezoeléctrico:** cristal que cambia dimensiones cuando una carga eléctrica es aplicada. Oscilación mecánica sin producción de calor. (36)
 - 40 KHz (más ciclos/s)
 - Movimiento lineal
 - No genera calor
 - Ideal para endodoncia

6.8.1.2 Aplicaciones del ultrasonido en endodencia

- Refinar accesos, búsqueda conductos calcificados, remoción cálculos
- Remoción de obstrucciones intraconducto
- Incrementar la acción de soluciones irrigadoras
- Preparación de cavidades para retroobtusión (37)

6.8.1.3 Irrigación Ultrasónica Pasiva (PUI)

La efectividad de la irrigación se basa tanto en la acción de la limpieza mecánica, así como la capacidad química de los irrigantes para disolver tejido. La acción de limpieza de los irrigantes ayuda a eliminar la parte orgánica, el barrillo dentinario así como los microorganismos del conducto radicular. La acción de la irrigación con jeringa es relativamente débil y depende no sólo de la anatomía del conducto radicular sino también de la profundidad de colocación y el diámetro de la aguja. Se ha demostrado que el irrigante solo ingresa 1 mm más allá de la posición en que la punta de la aguja está. Un aumento del volumen del irrigante no es suficiente para mejorar la efectividad del lavado y la remoción de barrillo dentinario. Cuando el diámetro en apical es más grande el desbridamiento y desinfección es más eficiente. Sin embargo, la limpieza en la porción apical del conducto es más difícil, por lo que se necesita el uso de agujas delgadas (calibre 30). (38)

Por estas razones es necesario causar un movimiento de la solución irrigadora para lograr una efectiva limpieza. El ultrasonido es un complemento necesario para lograr este objetivo. Se ha demostrado que un irrigante en conjunto con una vibración ultrasónica, la cual genera un movimiento continuo del irrigante, se asocia directamente con la eficacia de la limpieza del canal radicular. (3)

La irrigación ultrasónica pasiva es la acción de potencializar el irrigante aprovechando la vibración ultrasónica. Al vibrar una lima ultrasónicamente dentro del conducto con irrigante se produce el efecto de corriente acústica (movimiento cerca de un objeto que vibra) y cavitación (formación de burbujas), como resultado estas burbujas chocan contra las paredes y explotan ocasionado implosión, esto genera aumento de temperatura y presión dentro del conducto por lo que se logra potencializar la efectividad de las soluciones irrigadoras. (Fig. 2) Se conoce que el aumento de la temperatura del hipoclorito de sodio genera mayor acción del mismo y esto lo causamos con el uso de la irrigación ultrasónica. (35)

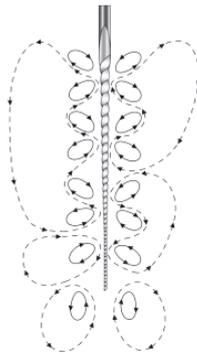


Fig 2. Dibujo esquemático del efecto de corriente acústica alrededor de un instrumento

El ultrasonido causa la destrucción bacteriana ya que produce la ruptura de la pared celular. La turbulencia creada por microcorriente acústica y cambios de presión permite el ingreso de irrigantes, los cuales ejercen su mecanismo de acción mediante la liberación de radicales libres, oxidación y degeneración de moléculas, destrucción enzimática y ruptura de la pared celular. (35)

La irrigación ultrasónica se debe realizar después de la preparación mecánica, una vez que el diámetro final del conducto es lo suficiente para permitir un desplazamiento de la punta de irrigación ultrasónica generando una mayor corriente acústica. La punta de irrigación se debe colocar a 3 mm de la longitud de trabajo y vibrar durante 1 minuto repartido en 3 ciclos de 20

segundos. Después de cada ciclo se debe irrigación el conducto con 10 ml de NaOCl. (32,35)

6.8.1.4Puntas de Irrigación Ultrasónicas

Existen varios tipos de puntas de irrigación ultrasónicas pero en la actualidad se recomiendan la IrriSafe (Satelec) y la IrriS (VDW). (Fig. 3) En el presente estudio se trabajo con las IrriSafe.

1. IrriSafe™: puntas diseñadas por la casa comercial Satelec.
 - a. Paredes paralelas y no cortantes, con extremidad roma. Esto permite que se las pueda usar dentro de todo el conducto radicular ya que no causan corte de la dentina.
 - b. Eliminación muy eficiente de los residuos de dentina, del tejido pulpar y de bacterias.
 - c. Irrigación completa del conducto radicular, especialmente en la zona apical.
 - d. Efecto de micro-cavitación y micro-corriente, que aumenta la eficiencia del líquido irrigante.
 - e. Fabricado con un acero inoxidable especial para una transmisión óptima de las vibraciones ultrasónicas.
 - f. Pueden ser precurvadas para uso en conductos curvos, respetando la anatomía.
 - g. Protocolo mínimamente invasivo.
 - h. Tamaños: 21 mm y 25 mm
 - i. Diámetros: 0.20 mm y 0.25
 - j. Deben ser usadas a una potencia media del ultrasonido. (39)

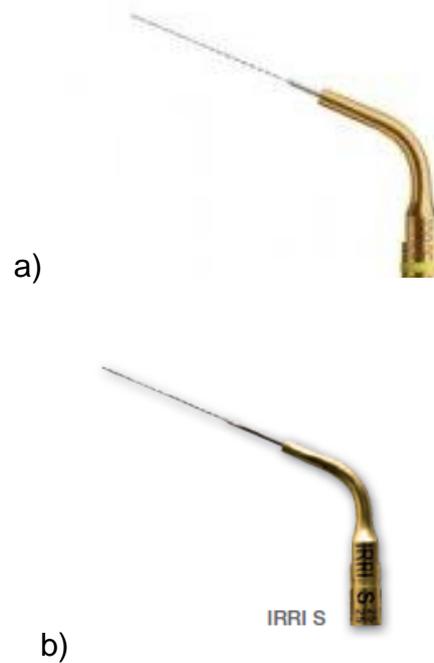


Fig 3. a) Irrisafe (Satelec) b) Irris (VDW)

6.8.2 EndoVac

La principal meta para controlar los microbios es la eliminación del tejido necrótico y biofilm para poder promover la cicatrización periradicular. Para eliminar el biofilm y disolver el tejido necrótico, el hipoclorito de sodio debe ser capaz de llegar a la porción apical del conducto radicular ya que es aquí donde existe la mayor cantidad de variaciones en la anatomía radicular. Los fracasos en la limpieza apical del conducto pueden deberse a que el NaOCl no entra en contacto con el tejido necrótico o por un inadecuado tiempo de trabajo del mismo. En un estudio de Nielsen y Baumgartner, en el que usaron dientes extraídos con pulpa vital, mostró mayor eficiencia en la limpieza 1 mm antes de la longitud de trabajo comparado con la irrigación convencional con aguja. Los autores también demostraron que el volumen del irrigante depositado por el EndoVac fue tres veces mayor comparado con la irrigación convencional con aguja. (5,21,33)

Susin et al, compararon la cantidad de debris en los itmus de las raíces mesiales de los molares mandibulares usando el sistema EndoVac e irrigación manual utilizando un cono de gutapercha para mover el irrigante hacia la porción apical. Los resultados demostraron una mayor eficiencia del EndoVac ya que solo el 0.7 al 2.5% de los itmus tenia debris o tejido pulpar mientras que con la irrigación manual fue del 15 al 27%. (Fig. 4) La eliminación de restos pulpares y barrillo dentinario de estas aberraciones anatómicas disminuye la recolonización de bacterias y aumenta la calidad de la obturación. (33)



Fig 4. Fotografía que muestra la eliminación de barrillo dentinario en un istmo de un premolar

Recientemente, Paredes-Vieyra y Enriquez, en un estudio a largo plazo demostraron que la presión apical negativa producía una tasa de éxito del 96.57% en dientes no vitales en tratamientos realizados en una sola cita. Por otro lado, Su et al, reportaron una tasa de éxito del 80.1%.

Por décadas la irrigación durante la terapia endodóntica ha sido con el uso de una jeringa introducida dentro del conducto radicular y mediante presión positiva se ha depositado el irrigante utilizado dentro del mismo. Pero esto ha llevado a que sucedan accidentes por hipoclorito de sodio ya que la presión positiva hace que el irrigante sobrepase a los tejidos periapicales causando un daño severo. Por esta razón se ha buscado la alternativa en el uso de diferentes irrigantes que no sean tan irritantes para los tejidos periapicales pero ninguno tiene las características del NaOCl, impidiendo que puedan ser usados por si solos durante la terapia endodóntica. (6,40,41)

Actualmente, las agujas de irrigación utilizadas en endodoncia tienen dos fallas. La primera es que son incapaces de producir una circulación significativa del irrigante hasta la terminación apical del conducto radicular (Fig. 5) y la segunda es que todas crean una presión positiva que permite el paso de los irrigantes hacia el periápice. (42)

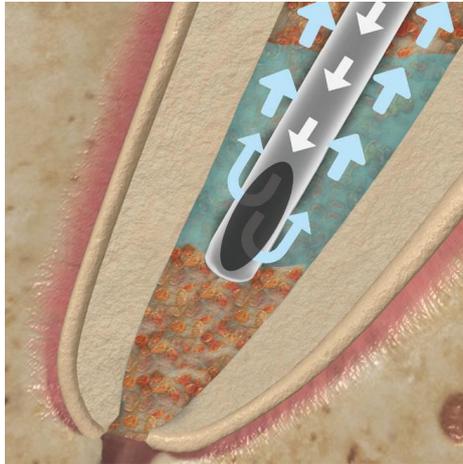


Fig 5. El irrigante no alcanza la zona apical cuando es introducido con una aguja de salida lateral.

Por estas razones, la casa Sybron Endo ha diseñado un sistema de irrigación llamado EndoVac, el cual permite una circulación abundante del irrigante a través de toda la longitud de trabajo utilizando una presión apical negativa. El EndoVac utiliza una succión para empujar el irrigante hacia abajo del conducto radicular y después hacia arriba y lejos del periápice, como se muestra en la figura 6. En otras palabras, el irrigante es llevado al conducto por una jeringa pero es aspirado en la región apical o media por la micro y macrocánula. A esto se lo conoce como presión apical negativa, ya que el EndoVac aplica succión en vez de presión para depositar el irrigante. Este dispositivo brinda las siguientes características:

- Seguridad: ya que empuja el irrigante a lo largo de toda la longitud de trabajo y lo evacua a través de los huecos de las cánulas introducidas, de esta manera no existe peligro de mandar el irrigante hacia el periápice.

- Eficacia: ya que permite el paso del irrigante a lo largo de todo el conducto radicular, especialmente en los 3 – 4 mm apicales que generalmente son los más difíciles de desinfectar. (42,43)

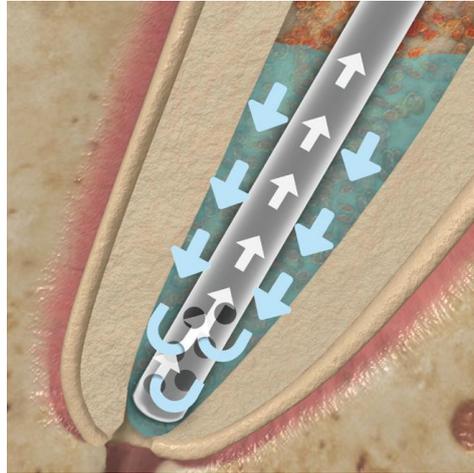


Fig 6. La microcánula del sistema EndoVac permite el paso del irrigante hasta la zona apical.

6.8.2.1 Partes del sistema del EndoVac

1. El Adaptador Multipuerto: este se lo conecta a la succión de alta del sillón dental. Se lo puede esterilizar en el autoclave y es muy sencillo conectarlo y desconectarlo para guardarlo. (Fig. 7) (44)



Fig 7. Adaptador Multipuerto

2. Jeringa de irrigación y aspiración: se la conecta directamente en el puerto azul del adaptador multipuerto y provee un constante depósito del irrigante. Se lo utiliza durante la preparación coronal y después de utilizar cada instrumento para eliminar los residuos gruesos eliminados de la instrumentación. Esta jeringa de 20 cc tiene la característica de depositar irrigante dentro de la cámara pulpar y a la vez aspirar el exceso de irrigante que pueda existir, ya que está conectada a la succión de alta, como se muestra en la figura 8. (44)

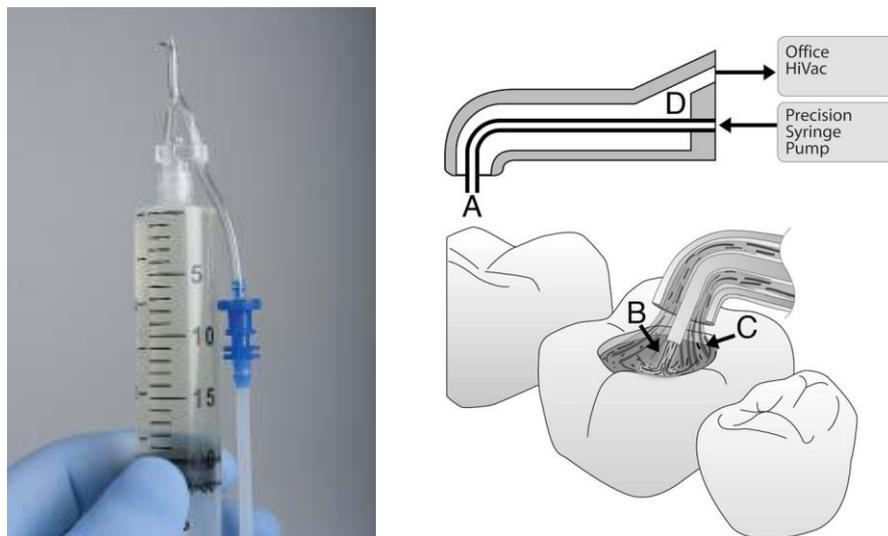


Fig 8. Jeringa de irrigación y aspiración

3. La macrocánula: es hecha de prolipropileno y mide 0.55 mm en la punta y tiene un diámetro interno de 0.35 mm. Encaja en una pieza de mano de titanio para una fácil manipulación. Se la utiliza dentro del conducto radicular para remover el debris causado después de cada instrumento. En este punto la macrocánula se la utiliza en conjunto con la jeringa de irrigación y aspiración ya que la segunda deposita el irrigante y la macrocánula empuja el irrigante hasta donde ingresa dentro del conducto para succionarlo a través de la misma, más o menos a dos tercios de la longitud de trabajo. Mientras que la asistente deposita el irrigante con la jeringa de 20 cc, el endodoncista mueve rápidamente la macrocánula de arriba a abajo para facilitar que todos los restos se aspiren a través de ella. (Fig. 9) (44)



Fig 9. Macrocanula

4. La microcanula: es una aguja de acero inoxidable que mide 0.32 mm en diámetro con 12 huecos de evacuación perforados con laser en su punta. Cada hueco mide 0.10 mm de diámetro. La microcanula es introducida hasta la longitud de trabajo, mientras que la jeringa de irrigación y aspiración deposita el irrigante, la microcanula a través de la presión apical negativa lo arrastra por toda la longitud de trabajo permitiendo que el mismo actúe en la porción apical. De la misma manera que se utiliza la macrocanula, la asistente deposita el irrigante con la jeringa de 20 cc, el endodoncista mueve rápidamente la microcanula de arriba a abajo para facilitar que todos los restos se aspiren a través de ella. (Fig.10) (44)

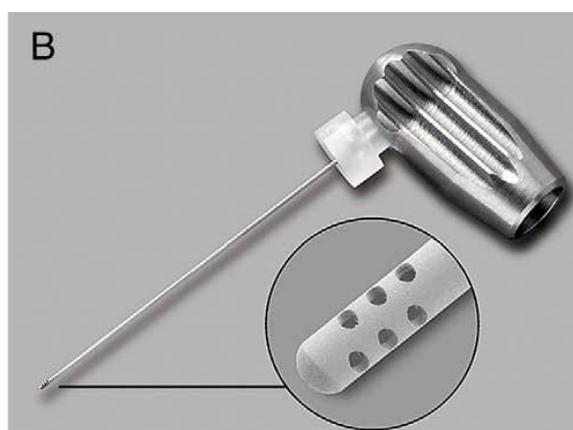


Fig 10. Microcanula

7 Materiales y Métodos

7.1 Diseño del estudio

Estudio de tipo experimental in vitro ya que se requirió someter los dientes a distintos procedimientos y pruebas, con el objetivo de simular las condiciones in vivo, durante un procedimiento habitual de una terapia endodóntica, para la obtención de resultados lo más cercanos posibles, a la realidad. Además es un estudio comparativo, ya que utilizamos dos técnicas finales de irrigación.

7.2 Muestra

Una vez que el estudio fue aprobado por el comité de bioética de la Universidad San Francisco de Quito (Anexo 5), se utilizó 22 premolares humanos unirradiculares superiores e inferiores. Estos fueron extraídos por razones terapéuticas en los distintos consultorios y clínicas de la ciudad por cirujanos. Los dientes fueron donados para poder realizar el estudio, conservados en suero fisiológico y repartidos indistintamente en tres grupos.

7.3 Criterios de Inclusión

- Premolares unirradiculares superiores e inferiores
- Dientes con ápices totalmente formados
- Dientes que una vez cortadas sus coronas, la raíz posea como mínimo 14 mm de longitud
- Premolares sin curvatura (raíces rectas), de acuerdo a la clasificación del Schneider, posterior a un respectivo análisis radiográfico.

7.4 Criterios de Exclusión

- No se incluyó en la muestra dientes molares, anteriores, ni premolares birradiculares
- Dientes con una formación radicular incompleta o ápices abiertos
- Dientes con sistema de conductos no permeables, calcificados o con previo tratamiento endodóntico
- Dientes con raíces que presenten ángulos mayores a 5° , según la clasificación de Schneider.

Por motivo de la estandarización, se tomó radiografías periapicales de todas las muestras, con ayuda de un radiovisiógrafo y el programa de imagen computarizada Schick para verificar la anatomía radicular y la curvatura de los dientes. Para determinar la curvatura se utilizó la clasificación de Schneider (1971), en la que se traza una línea tangente desde el inicio del conducto hasta el punto de máxima curvatura y otra línea que pasa por el ápice hasta el punto de máxima curvatura y se mide el ángulo que se forma entre ambas líneas. (Fig. 11) Ángulos menores a 5° (curvatura leve) fueron incluidos en el estudio.



Fig 11. Método de Schneider para establecer el grado de curvatura

7.5 Metodología

7.5.1 Preparación de la muestra

Cada uno de los 22 dientes fueron higienizados adecuadamente previa a la fase de experimentación. Se lavó los dientes con un cepillo de cerdas suaves y curetas para retirar los restos de tejido blando. (Fig. 12)



Fig 12. Limpieza de los dientes con curetas

Una vez seleccionadas las muestras, se cortó la corona mínimo 1 mm por debajo de la unión amelocementaria hasta estandarizar la muestra a 14 mm de longitud radicular. Para seccionar la corona se utilizó un disco diamantado y un micromotor de baja velocidad marca NSK, después de que se midió la raíz desde el ápice con una regla milimetrada. (Fig. 13)

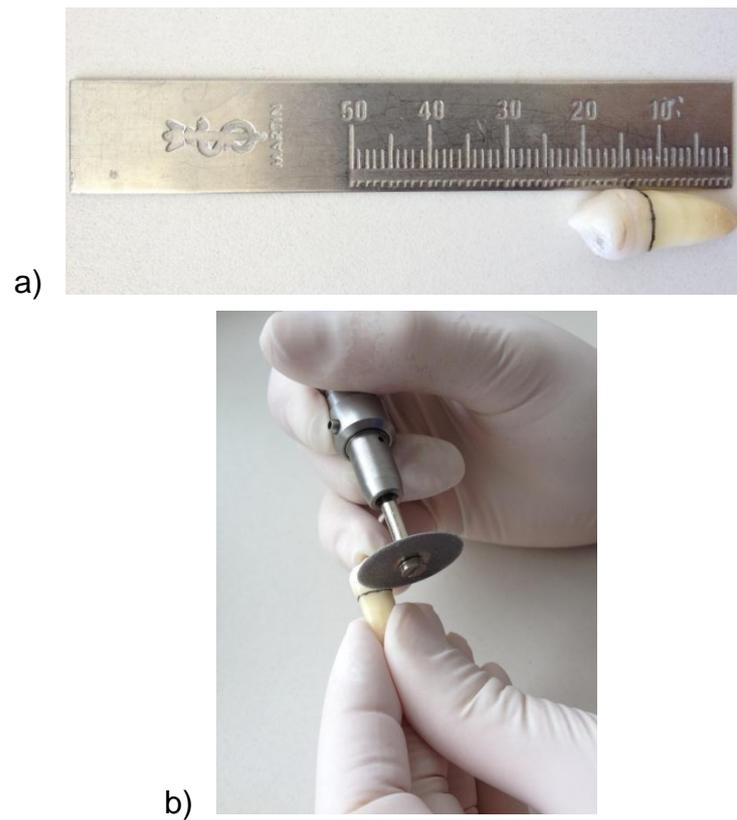


Fig 13. a) Medición de 14 mm de la raíz, b) Corte con disco de diamante

Primeramente a la porción radicular segmentada de 14 mm de longitud radicular, se introdujo una lima K (Dentply Tulsa) número 10 para permeabilizar el conducto y se determinó la longitud de trabajo a 1 mm del foramen apical. La longitud se determinó al introducir la lima K número 10, y al ser visible esta lima a nivel apical, se restó 1 mm. (Fig. 14)

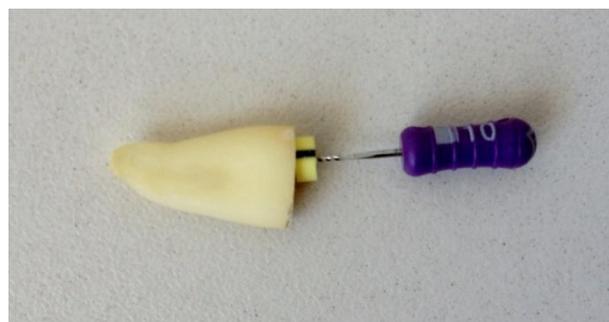


Fig 14. Longitud de trabajo con lima K #10

Continuando, se procedió a la instrumentación de los conductos radiculares con instrumentación rotatoria, utilizando el motor de instrumentación rotatoria Silver de la VDW. Todas las muestras fueron instrumentadas con la lima Reciproc # 40 de la marca VDW. (Fig. 15) Por cada tres conductos se utilizó una lima nueva, siguiendo las recomendaciones del fabricante para la utilización de las mismas. Cada vez que se introdujo la lima, se realizó tres picoteos generando ligera presión apical. Luego se irrigó el conducto con 3 mL de hipoclorito de sodio al 5.25% 3 mm antes de la longitud de trabajo, usando una aguja de irrigación NaviTip (Ultradent) con salida lateral. (Fig. 16) Continuando se introdujo la lima K # 10 para permeabilizar el conducto. Esto se repitió hasta que la lima Reciproc llegó a la longitud de trabajo.



Fig 15. Instrumentación con lima Reciproc #40 (VDW)



Fig 16. Irrigación con aguja NaviTip Ultradent

7.5.2 División de los Grupos

Posteriormente a la instrumentación los dientes fueron divididos aleatoriamente en 2 grupos de 10 muestras cada uno y dos dientes fueron el grupo control, para someterlos a la irrigación final, de acuerdo al protocolo de cada grupo.

El grupo A fue el grupo control. El grupo B fue el grupo con la activación ultrasónica y el grupo C fue con la irrigación con EndoVac como se muestra en la tabla 1.

Grupos	Irrigación Final	Número de Muestras
Grupo A	Ninguna	2
Grupo B	Ultrasonido	10
Grupo C	EndoVac	10

Tabla 1. División de grupos

El grupo A no tuvo ninguna irrigación final, excepto el uso de EDTA al 17% (Eufar) aplicado con la aguja de irrigación NaviTip (Ultradent) 3 mm antes de la longitud de trabajo por 1 minuto. (Fig. 17) El grupo B se irrigó con hipoclorito de sodio y activación con ultrasonido (Satelec Acteon, Merignac, France) con puntas de irrigación IrriSafe (Satelec) durante 1 minuto y posteriormente se lavó el conducto con 3 mL de NaOCl. (Fig. 18) Continuando se irrigó con 3 mL de suero fisiológico para neutralizar el conducto y de ahí con EDTA al 17% (Eufar) y activación ultrasónica durante 1 minuto y se finalizó con la irrigación del conducto con 3 mL de EDTA, dejándolo actuar por 1 minuto. El grupo C se irrigó con EndoVac siguiendo las instrucciones del fabricante. Mientras que la punta irrigadora fue depositando 5 mL de hipoclorito de sodio dentro de la cámara pulpar, la macrocánula introducida hasta sentir ligera resistencia dentro del conducto radicular fue succionando el mismo. Continuando se introdujo la microcánula hasta la longitud de trabajo y se repitió

el depósito de 5 mL de NaOCl para que la solución irrigadora se arrastre a lo largo de todo el conducto y sea absorbida a través de la microcánula. (Fig. 19) Este proceso se repitió con EDTA al 17% (Eufar), el cual actuó por 1 minuto dentro del conducto. Antes de utilizar el EDTA, se neutralizó el conducto con 3 mL de suero fisiológico. La concentración del hipoclorito utilizado fue de 5.25% en todos los grupos.



Fig 17. EDTA Eufar al 17%



Fig 18. Irrigación con puntas IrriSafe Setelec



Fig 19. Irrigación con la microcánula del EndoVac

7.5.3 Manejo experimental de los cuerpos de prueba

Después de que se realizó la irrigación final a cada uno de los grupos de dientes se cubrió toda la porción radicular con cemento de cianoacrilato y se protegió la corona y el extremo apical de los mismos con cera rosada para evitar la entrada de barrillo dentinario al interior del conducto durante la fase de corte. Se hizo una ranura longitudinal fina a lo largo de la superficie vestibular y lingual de las raíces utilizando discos de diamante con un micromotor de baja velocidad marca NSK, sin perforar el conducto. Con la ayuda de un elevador recto delgado, las raíces fueron divididas creando palanca. (Fig. 20)

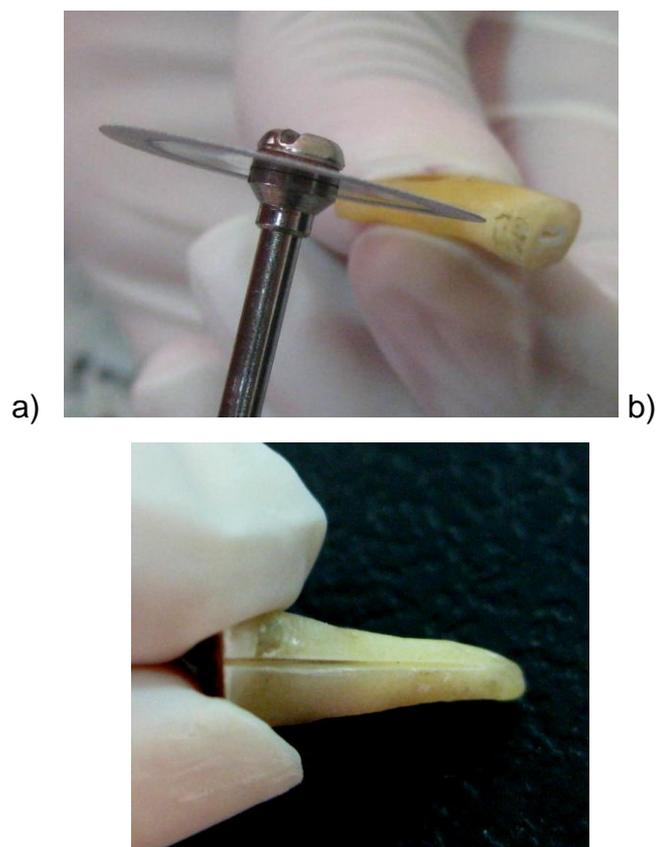


Fig 20. a) Corte longitudinal del diente, b) Formación de la muestra

Continuando se analizaron las muestras bajo el microscopio óptico común (Vasconcellos) y se eligió el segmento de la raíz que mostró la mayor integridad en su superficie apical de cada uno de los dientes. Las muestras se almacenaron y rotularon en envases para muestras de laboratorio, previamente esterilizadas para evitar contaminación. (Fig. 21)



Fig 21. Envases rotulados donde se almacenaron las muestras

Previo al análisis microscópico las muestras pasaron por un proceso que estuvo a cargo del departamento de microscopia electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), el cual involucraba la deshidratación de las muestras, con el siguiente protocolo. (Tabla 2)

Reactivo	Tiempo de Inmersión
Etanol 50%	1 hora
Etanol 60%	1 hora
Etanol 70%	1 hora
Etanol 80%	1 hora
Etanol 90%	1 hora
Etanol 99%	1 hora

Tabla 2. Protocolo para la deshidratación de las muestras

Es necesaria esta deshidratación para lograr un correcto vacío en el microscopio, que permite el paso de los electrones dentro de éste sin interferencias.

Continuando se procedió a la fase de liofilización de las muestras, la cual consiste en congelar las muestras y posteriormente introducir las en una cámara de vacío para realizar la separación del agua por sublimación. De esta manera se elimina el agua desde el estado sólido al gaseoso sin pasar por el estado líquido. Este proceso busca mantener al máximo las propiedades orgánicas de las muestras.

La siguiente fase es la de metalizado que consiste en el recubrimiento de las muestras con una delgada lámina de oro, para protegerlas y hacerlas conductoras, lo que evita que el haz de electrones que incide sobre la superficie se desvíe, alterando la formación de la imagen. (Fig. 22)

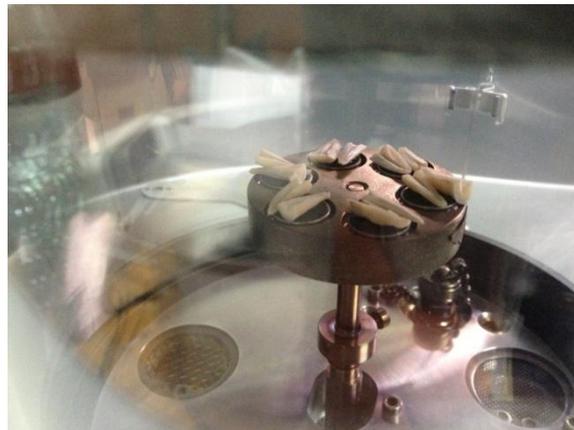


Fig 22. Recubrimiento con oro

A continuación las muestras fueron observadas al microscopio electrónico de barrido (SEM), marca Quanta 400 FEI (Departamento de Criminalística de la Policía Nacional del Ecuador), en su porción apical bajo el control del Teniente Carlos Izurieta, a una magnificación de 3000 X para estandarizar las imágenes. Se obtuvo imágenes de cada una de las muestras para continuar con la recolección de datos y obtener así los resultados. (Fig. 23) (Anexo 3)

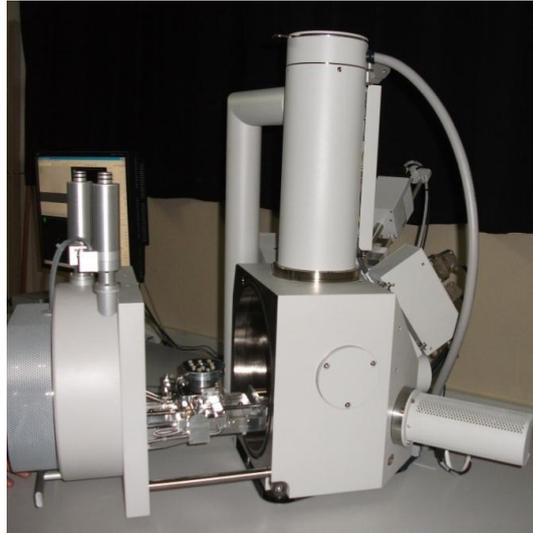


Fig. 23. Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) Quanta 400

7.5.4 Manejo de Datos

Las fotografías obtenidas de cada cuerpo de prueba fueron evaluadas de la siguiente manera. Sobre cada fotografía previamente impresa se colocó una hoja milimetrada y se dividió la imagen en cuadros de 5 x 5 mm. Se observó cuadro por cuadro y se cuantificó el número de cuadros que presentaban barrillo dentinario versus los cuadros en los que los túbulos dentinarios estaban totalmente limpios de barrillo. (Fig. 24)



Fig. 24. Hoja milimetrada sobre fotografía para cuantificar la cantidad de túbulos abiertos

Por otro lado, las imágenes también fueron evaluadas por tres observadores profesores de la Facultad del Postgrado de Endodoncia de la Universidad San Francisco de Quito, con experiencia y entrenamiento clínico similar. Los mismos observaron las fotografías de manera indistinta, sin conocer el grupo al que cada una de ellas pertenecía y dieron un puntaje de acuerdo a su criterio, basándose en los parámetros de evaluación de Kuah et al en el año 2009. (Tabla 3)

7.5.5 Parámetros de evaluación

0	Todos los túbulos dentinarios están abiertos, sin presencia de barrido dentinario
1	Algunos túbulos dentinarios están abiertos, con barrido dentinario cubriendo la entrada de algunos túbulos dentinarios
2	Todos los túbulos dentinarios están cubiertos de barrido dentinario

Tabla 3. Parámetros de evaluación

El puntaje que cada evaluador emitió fue recolectado y comparado con los resultados obtenidos al observar la fotografía con la hoja milimetrada, los mismos que fueron sometidos a un análisis estadístico. Las fotografías se muestran en el anexo 4.

7.6 Análisis Estadístico

El mismo se realizó con la ayuda del software libre R v.3.0.1.

8 Resultados

Se cuenta con información fotográfica de los resultados logrados luego de la experimentación. (Fig. 25, 26, 27) Con la finalidad de establecer la existencia (o no) de diferencias se plantea dos metodologías de análisis.

1. La evaluación de 3 expertos, quienes valoran en función de su experiencia si los niveles de impureza es baja (nula), moderada o alta.
2. Cuantitativamente se procede a medir el área total examinada y registrar el área con rasgos de impureza. Se obtiene así, la variable de análisis que se denominará proporción de positividad.

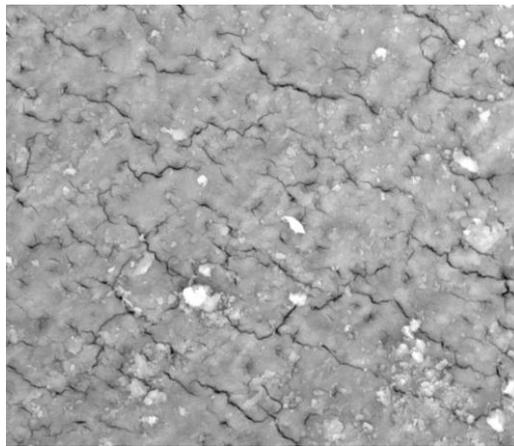


Fig. 25. Fotografía Grupo Control visto al MEB

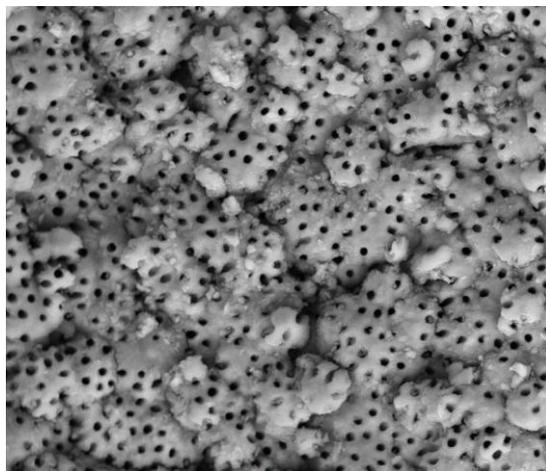


Fig. 26. Fotografía del Grupo EndoVac visto al MEB

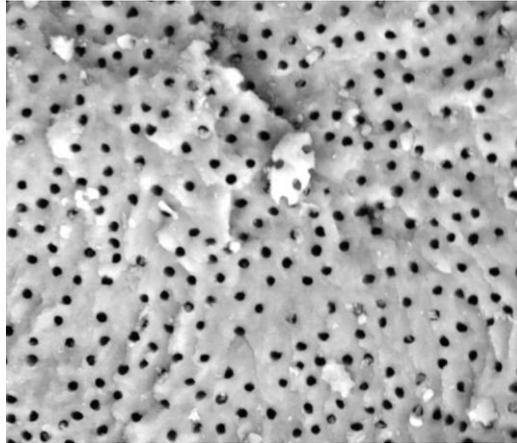


Fig. 27. Fotografía del Grupo Ultrasonido visto al MEB

8.1 Valoraciones de los expertos

Inicialmente se procede a evaluar la concordancia de las valoraciones que dan los expertos a los niveles de impureza; los resultados se muestran en las tablas de contingencia del anexo 1.

Si bien, empíricamente se puede notar una alta concordancia entre las valoraciones dadas, no es menos cierto que al calcular el índice de concordancia Kappa de Cohen, se obtienen valores poco usuales. De hecho, se observa que los tres evaluadores asignan un nivel alto a los ensayos control, más el coeficiente kappa les da un valor de 0. El coeficiente kappa de Cohen dice que mientras más alto el positivo, mayor nivel de concordancia entre los evaluadores. Por lo tanto este sería un ejemplo de cómo este coeficiente suele fallar en condiciones extremas, ya que en el grupo control todos los evaluadores dieron el mismo valor pero el coeficiente de kappa dio un valor de 0. (Anexo 2)

Se opta por asumir la concordancia empírica y se procede a considerar como valoración del grado de impureza a la evaluación modal, es decir, aquella que más se repite entre los tres evaluadores. Se obtiene así, las valoraciones modales por grupo presentados en la tabla 4.

Valoración	Grupo							
	Control	%	EndoVac	%	Ultrasonido	%	Total	%
Baja			2	20.0	2	20.0	4	18.2
Media			3	30.0	4	40.0	7	31.8
Alta	2	100.0	5	50.0	4	40.0	11	50.0
Total	2	100.0	10	100.0	10	100.0	22	100.0

Tabla 4. Valoraciones modales por grupo

Una vez lograda la valoración modal, se procede a correlacionarla (correlación de Spearman) con la proporción de área contaminada, los valores logrados se muestran en la tabla 5.

Grupo	Correlación
Control	1
EndoVac	0.526
Ultrasonido	0.807
Total	0.686

Tabla 5. Valores de correlación de Spearman

De esta manera, se puede percibir que a mayor proporción de área contaminada, mayor es el nivel de contaminación. De hecho este resultado se lo puede percibir de mejor manera en el gráfico 1.

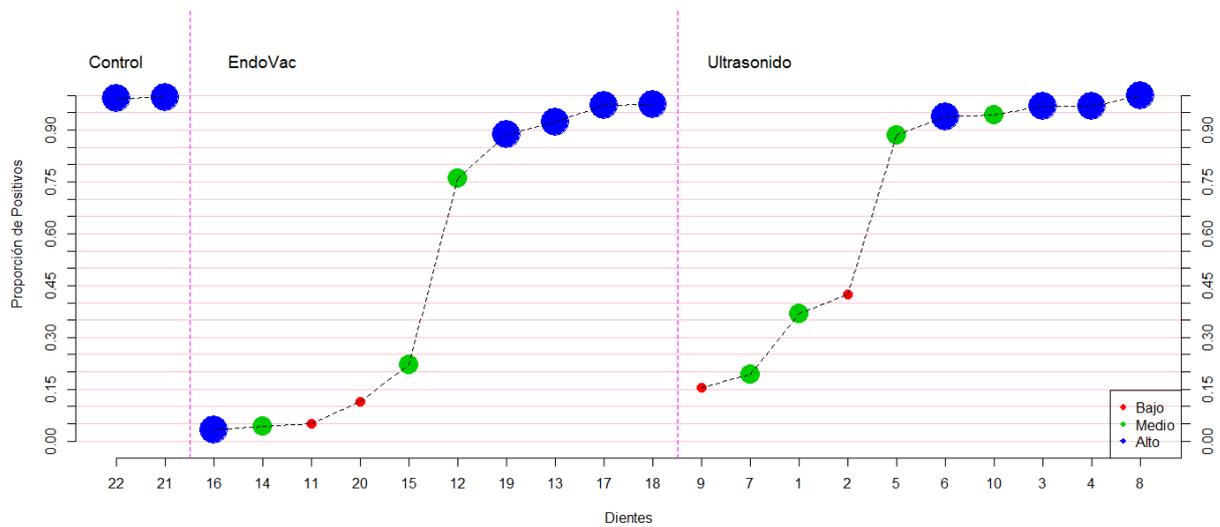


Gráfico 1. Nivel de contaminación y Proporción de área contaminada según Grupo

Nótese como la observación del diente 16 genera la correlación media entre proporción y nivel para el grupo EndoVac.

Además, se puede percibir como el grupo control la correlación es total pues las proporciones de contaminación son altas y las valoraciones también. En los grupos EndoVac y Ultrasonido se observa la conformación de dos tipos de datos, unos con proporciones de contaminación bajo el 50% (0.5) y otro sobre este valor, esto da lugar a pensar en la existencia de algún factor no considerado en la experimentación. Sin embargo, se puede percibir como en cualquiera de los casos, el grupo Ultrasonido tiende a valores de área contaminada mayor a los de EndoVac.

Con estos antecedentes, para contrastar las diferencias entre los grupos EndoVac y Ultrasonido, se plantea un análisis de las distribuciones estadísticas estimadas.

8.2 Comparación entre grupos

La primera idea para este análisis o contraste entre grupos de la proporción de área contaminada sería un ANOVA (o ANOVA no paramétrico), esta opción se descarta pues para el caso del grupo control únicamente se cuenta con dos observaciones.

La siguiente alternativa sería una prueba t de Student para el contraste de dos promedios de muestras independientes. Esta prueba de hecho arroja valores promedio de 0.68 y 0.49 para Ultrasonido y EndoVac respectivamente con un valor p de 0.306 asumiendo varianzas iguales. Lo cual indicaría que no existe diferencia significativa entre la proporción de área contaminada por el método EndoVac y Ultrasonido. El mismo resultado arroja una prueba para la mediana con un valor $p=0.656$.

Sin embargo, este resultado (comparación de promedios) perdería validez cuando se analiza el ajuste a la distribución normal de los datos, el cual no se cumple según los gráficos Q-Q plot mostrados a continuación en el gráfico 2 y 3.

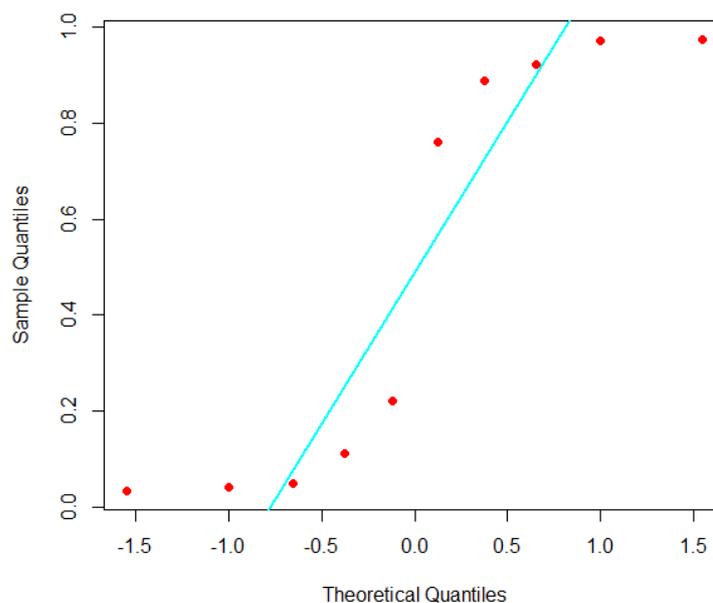


Gráfico 2. Q-Q plot para datos de EndoVac

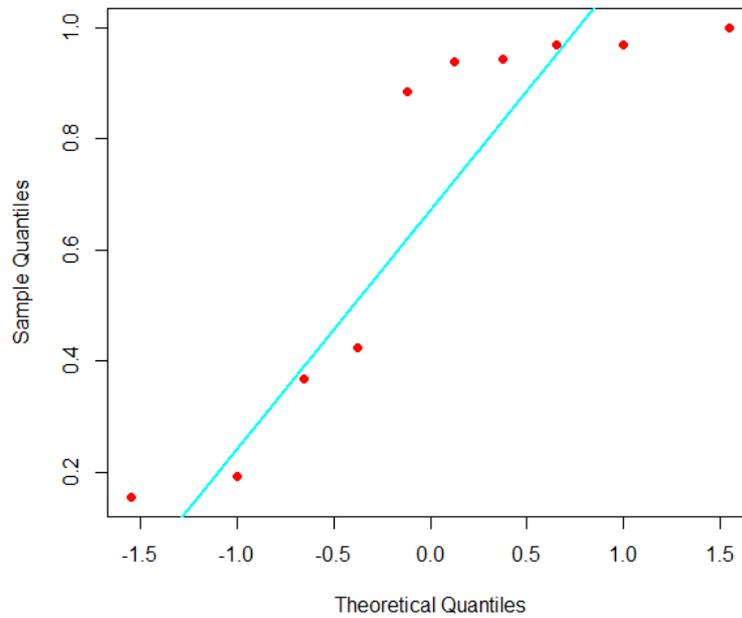


Gráfico 3. Q-Q plot para datos de Ultrasonido

Por tanto, el análisis se lo realiza mediante la estimación de las densidades y distribución de probabilidades. Con la ayuda del software libre R v3.0.1, se grafican las funciones de densidad estimadas por kernels gaussianos. (Gráfico 4)

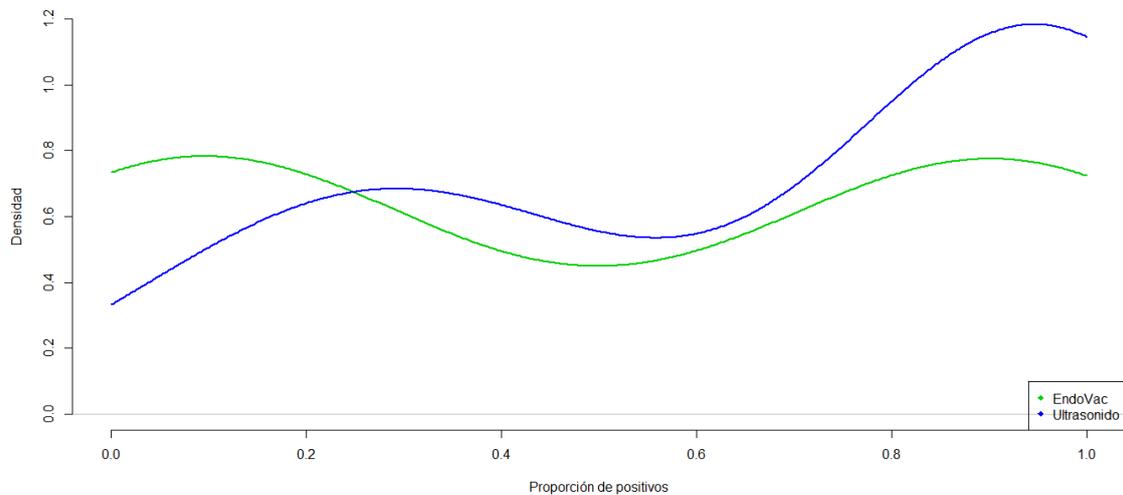


Gráfico 4. Funciones de densidad estimadas

Nótese como la curva de Ultrasonido tiende a estar más hacia la derecha. Pero en cualquiera de los dos casos se percibe que son curvas bimodales, denotando la presencia de dos tipos de datos. Que se notaron en la primera gráfica.

Al construir las funciones de distribución de los datos se puede notar como la distribución de Ultrasonido está siempre debajo de la curva de EndoVac, lo cual se puede entender como que las proporciones de área contaminada del grupo Ultrasonido son mayores (Esto se conoce como el teorema de desigualdad estocástica). (Gráfico 5)

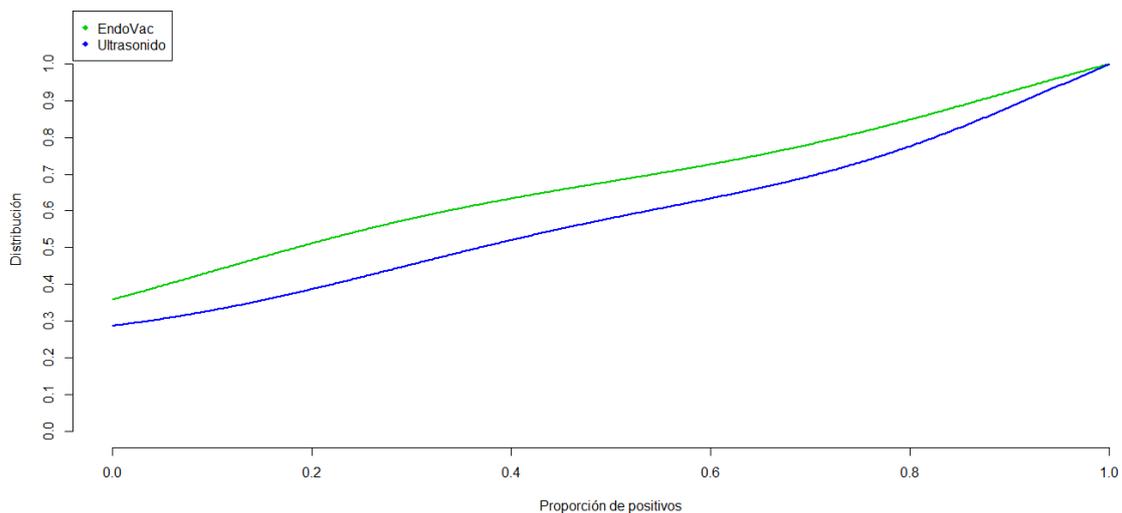
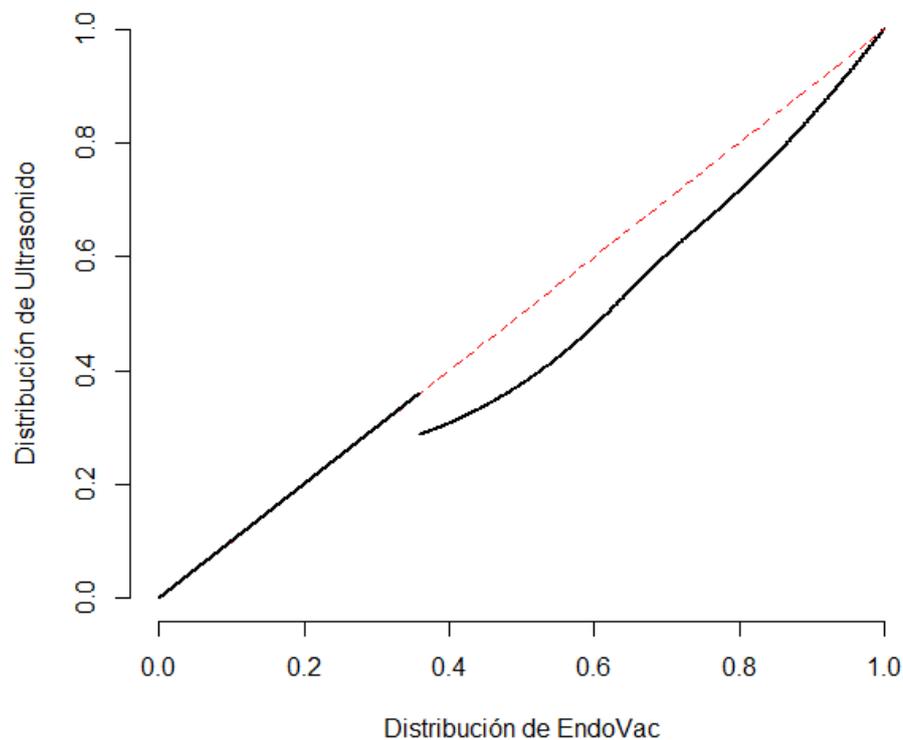


Gráfico 5. Funciones de distribución estimadas

Complementariamente a la desigualdad estocástica, la gráfica denominada curva ROC muestra un resultado similar. (Gráfico 6)



Área bajo la curva: 0.34, I.C al 95% 0.091 – 0.589

Gráfico 6. Curva ROC estimada a partir de la densidad

En efecto, se puede notar como para un valor dado de probabilidad de EndoVac, se tiene una probabilidad menor para Ultrasonido. Además, el área bajo la curva ROC resulta ser de 0.34 que puede interpretarse como, $p(U>E)=0.34$, la probabilidad de que la proporción de área contaminada por EndoVac sea menor a Ultrasonido, que en este caso puede ser mejor leerlo por el complemento, como que la probabilidad de que el área contaminada por Ultrasonido sea mayor al área contaminada por EndoVac es de 0.66.

A priori esta probabilidad afirmaría el resultado empírico ya comentado, sin embargo, el intervalo de confianza para el área de la curva ROC incluye al valor 0.5, lo cual sería indicio de que las proporciones de áreas contaminadas

no guardan diferencias entre grupos de datos, confirmando así los resultados de la prueba t y la prueba de la mediana.

Cabe destacar que en todos estos resultados, no se consideró la bimodalidad de los datos. Para incluir este efecto, se considera en cada grupo de datos dos subgrupos: Uno dado por aquellos valores por debajo de 0.5 y el otro por valores mayores o iguales de 0.5.

Para poder realizar el análisis, se opta por suponer que los datos de cada subgrupo se ajustan a una ley de probabilidades Beta, la cual suele ajustarse a datos comprendidos entre valores fijos. Esta ley de probabilidades depende de dos parámetros: **a** y **b**, los cuales se estiman por el método de máxima verosimilitud.

Una vez estimados los parámetros a y b de cada subgrupo de datos, se construyen los contornos de verosimilitud al 15% (equivalente al 95% de confianza). El análisis de tales contornos muestra como las leyes de probabilidad Beta para cada subgrupo serían diferentes. De hecho, las gráficas de las distribuciones estimadas se muestran de tal manera que al usar la desigualdad estocástica permite concluir lo siguiente: (Gráfico 7)

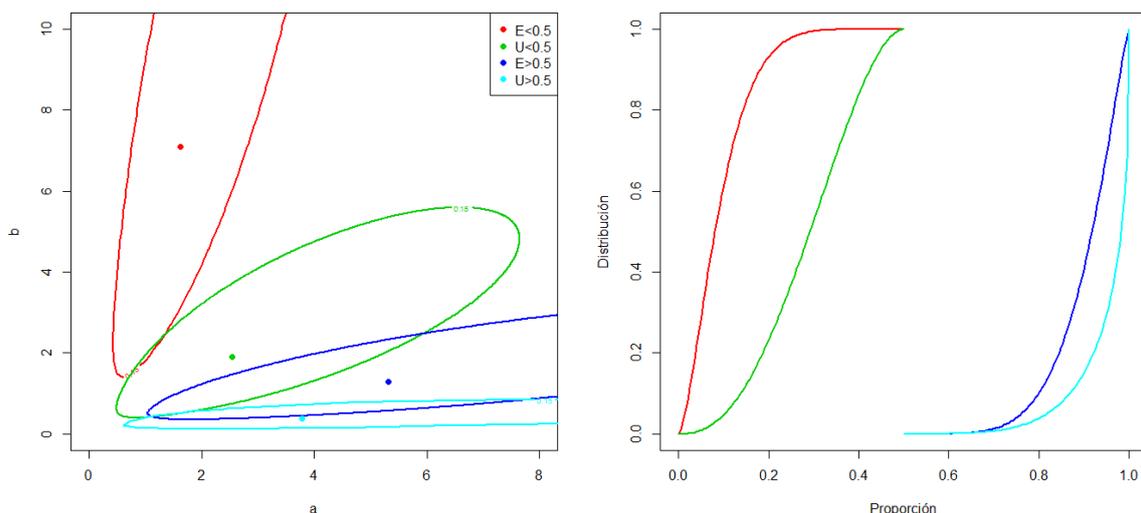


Gráfico 7. Contornos de verosimilitud y distribuciones estimadas

La proporción de contaminación en el subgrupo $U > 0.5$ sería mayor a la proporción de contaminación en el sub grupo $E > 0.5$. Estos dos sub grupos, a su vez tendrían una proporción de contaminación mayor al subgrupo $U < 0.5$, el cual tendría una mayor proporción de área contaminada que el subgrupo $E < 0.5$.

En conclusión el análisis estadístico muestra que no existe una diferencia significativa en la eliminación de barrillo dentinario en tercio apical cuando se utiliza el ultrasonido y el Endovac como protocolo de irrigación final.

9 Discusión

Actualmente se da mucha importancia a la irrigación durante el tratamiento de endodoncia ya que idealmente se debe limpiar y desinfectar por completo el sistema de conductos radiculares para tener un éxito total. Los restos residuales como es el barrillo dentinario evaluado en el presente estudio, pueden albergar bacterias, las cuales pueden provocar que el tratamiento fracase. Por esta razón los protocolos de irrigación en la actualidad buscan disminuir a un mínimo si no es posible una completa desinfección del sistema de conductos radiculares. Después de la preparación biomecánica de los conductos radiculares se forma una capa que se la conoce como barrillo dentinario, la cual presenta material orgánico e inorgánico, restos de dentina, microorganismos y restos pulpares. Es necesaria la eliminación de la misma ya que sirve de acumulo de bacterias que podrían producir una reagudización del proceso inflamatorio. Es una capa inestable y soluble que podría dejar un espacio para la posterior colonización bacteriana. Impide la penetración de irrigantes, medicamentos y materiales de obturación a los túbulos dentinales. (9,11,12)

A pesar que los instrumentos utilizados durante la preparación biomecánica del sistema de conductos radiculares elimina la mayor cantidad del contenido de los mismos, la irrigación juega un papel indispensable, especialmente en las zonas inaccesibles para la instrumentación. El uso del hipoclorito de sodio durante toda la instrumentación acompañado de EDTA es esencial para eliminar la mayor cantidad de barrillo dentinario dentro del conducto. Así mismo lo propone Violich y Chandler, 2010, quienes afirman esta combinación necesaria a pesar que no se logra la eliminación completa del barrillo. Si a esto le aumentamos el uso del EndoVac, logramos una mayor efectividad de eliminación del barrillo ya que permitimos que exista un mayor flujo del irrigante a lo largo de toda la longitud de trabajo, especialmente en la zona apical, siendo la más difícil de limpiarla.

A parte del uso de los agentes quelantes y el hipoclorito de sodio, autores afirman que para aumentar la eliminación del barrillo, es esencial el uso del ultrasonido y actualmente el EndoVac. Los mismos buscan una mayor limpieza especialmente en la zona apical, ya que la misma tiene la mayor cantidad de aberraciones anatómicas que impiden la garantía total del tratamiento endodóntico. Por esta razón en el presente estudio se evaluó la eliminación del barrillo dentinario a nivel del tercio apical.

Nuestros resultados muestran que no existió una diferencia significativa entre el grupo que se irrigó con EndoVac y Ultrasonido. Los dos grupos lograron eliminar el barrillo dentinario en la porción apical del sistema de conductos radiculares. Esto concuerda con un estudio realizado por Howard et al, 2011 en el que no existió una diferencia significativa a los 2 y 4 mm de la longitud de trabajo y en los istmos cuando se irrigó con EndoVac y PiezoFlow (ProUltra; Denstply, Tulsa, OK), siendo un equipo que se activa ultrasónicamente. La única diferencia es que según las recomendaciones del fabricante, la irrigación final con EndoVac duró 4 minutos y 30 segundos por canal, mientras que con PiezoFlow duró 60 segundos. Esto debería ser un punto para investigaciones posteriores y verificar si el tiempo de irrigación y la cantidad de irrigante utilizado influencia la cantidad de barrillo dentinario eliminado.

Por otro lado, Mancini et al, 2013 compararon la eliminación de barrillo dentinario a diferentes niveles de la longitud de trabajo y obtuvieron los mismos resultados que nuestro estudio. La diferencia no es significativamente notable pero el EndoVac tuvo mejores resultados en la eliminación de barrillo dentinario a nivel apical en comparación con el ultrasonido. Las muestras fueron observadas bajo el microscopio electrónico de barrido, lo que concuerda con nuestro estudio.

Jiang et al 2012, evaluaron la eficacia en la limpieza utilizando diferentes técnicas de irrigación final y al igual que nuestros resultados, no existió una diferencia significativa entre ellos. A diferencia nuestra, los resultados mostraron una limpieza más eficiente cuando se utilizó el ultrasonido, mientras

que en nuestros resultados el EndoVac mostró ser más eficiente para eliminar el barrillo dentinario pero aún así en ninguno de los dos estudios la diferencia fue significativa. Saber et al, 2011 realizaron un estudio similar al nuestro y sus resultados mostraron una mayor eliminación del barrillo cuando se irrigó con EndoVac a diferencia del ultrasonido. Con esto concluimos que ningún de los métodos para irrigar el sistema de conductos radiculares elimina por completo el barrillo dentinario dentro de los mismos. Por esta razón es necesario el uso de diferentes irrigantes y la combinación de nuevos equipos para aumentar la limpieza y por ende el éxito en el tratamiento endodóntico.

Los resultados muestran que dentro de cada grupo (EndoVac y Ultrasonido) existieron dos subgrupos. El primer subgrupo presentó una limpieza muy eficiente del barrillo dentinario, mientras que el otro tuvo una limpieza muy deficiente. (Gráfico 1) Esto nos hace suponer que dentro del experimento existió una variable no identificada que ocasionó la presencia de estos subgrupos. Se podría pensar que el diagnóstico pulpar influencia esto, por lo tanto recomendamos que en estudios posteriores, antes de cada extracción se realice un diagnóstico pulpar de cada diente para estandarizar la muestra y así, reducir variables que ocasionan alteraciones en los resultados. Otra variable puede ser la edad del paciente, ya que a mayor edad, se produce mayor deposición de dentina y cemento en el ápice ocasionando la oclusión de los túbulos dentinarios, reduciendo su permeabilidad para que los irrigantes penetren. Se recomienda reducir el rango de edad entre los 20 y 30 para estandarizar la muestra y tener resultados más reales. (31)

El EndoVac es un sistema de presión apical negativa que ha demostrado tener mejores resultados tanto in vivo como in vitro en la eliminación de debris, así como una menor extrusión de los irrigantes hacia los tejidos periapicales en comparación con la irrigación con aguja. (26) Gondim et al, mencionados por Mitchel demostraron en un estudio que existió menos dolor postoperatorio en pacientes en los que se utilizó el EndoVac a diferencia de la irrigación convencional con aguja. Esto se debe a que el EndoVac produce menor extrusión de los irrigantes a los tejidos periapicales, evitando que se inflamen. Estos resultados concuerdan con Mitchel, 2011 y Desai et al 2009 en los el

EndoVac produce menos extrusión que los demás equipos utilizados (ultrasonido, EndoActivator, Rispi-Sonic/MicroMega, e irrigación con aguja convencional). Por esta razón el EndoVac se lo puede utilizar con mucha seguridad para disminuir los accidentes especialmente con el hipoclorito de sodio, que generan secuelas en los tejidos periapicales.

Una de las preocupaciones al momento de usar el sistema EndoVac, es el taponamiento de la microcánula ya que sus agujeros son muy pequeños. Por esta razón el principal objetivo de la macrocánula es eliminar la mayor cantidad de debris antes que se utilice la microcánula. En un estudio realizado por Nielsen et al, 2007 evaluaron el taponamiento de los agujeros después de que se utilizó la microcánula a una magnificación de 20X. Ellos determinaron que sí existe taponamiento de algunos agujeros pero que por lo menos debe haber 3 agujeros abiertos para que la microcánula sea capaz de seguir aspirando el irrigante.

Autores recomiendan que el tamaño de la preparación apical debe ser lo suficientemente ancha para permitir el flujo de los irrigantes en esta zona. Las recomendaciones del uso del EndoVac mencionan que es necesario un tamaño de por lo menos #35 en apical para que la microcánula pueda ingresar hasta la longitud de trabajo y aspirar el irrigante con facilidad. Esto se debe a que el tamaño de la microcánula en su punta es de 0.32 mm. Palazzi en el 2012 menciona que el aumento en el tamaño en apical de 35 a 40 incrementa el volumen del irrigante en un 44%. Esto también reduce la posibilidad de taponamiento de los agujeros en los últimos 0.70 mm de la microcánula. Por esta razón, en nuestro estudio se instrumentó los conductos radiculares con limas recíprocas #40 para permitir un flujo adecuado de los irrigantes dentro de los mismos y acercarnos a una realidad más pura. Esto concuerda con el estudio realizado por Palazzi, 2012 en el que el tamaño de la preparación apical fue de #40/04 para permitir un balance entre la preservación de la estructura dental y un adecuado volumen del irrigante. Esto también concuerda con un estudio de Khademi et al, mencionados por Caron, 2010 en el cual demostraron la importancia del taper especialmente en conductos curvos. Cuando el taper utilizado dentro del canal fue de 0.06 mm con un diámetro

apical entre 0.30 a 0.40 mm la eliminación del barrillo dentinario fue significativamente mayor.

Uno de los factores que aumenta la efectividad de los irrigantes durante la limpieza de los conductos radiculares es el aumento de su temperatura. Esto lo podemos lograr con el uso del ultrasonido. Zeltner et al, 2009 afirman lo anteriormente mencionado pero también dicen que cualquier aumento de la temperatura en la superficie exterior de la raíz sobre los 47 °C causa un daño sobre el ligamento periodontal y el hueso ocasionando secuelas catastróficas e irreversibles. Debido a esto el uso del ultrasonido debe realizarse con extrema precaución respetando los segundos recomendados de activación. A diferencia, el EndoVac no genera un aumento de la temperatura de los irrigantes por lo que tampoco se corre el riesgo de producir un daño irreversible sobre los tejidos periapicales. La diferencia entre el EndoVac y el ultrasonido en cuanto a la eliminación del barrillo dentinario no tiene diferencia significativa por lo que el uso del EndoVac puede ser más confiable para evitar secuelas. (35)

Durante la irrigación se produce lo que se conoce como burbuja de vapor en apical ya que las raíces actúan como un conducto sin salida. Esto no permite que los irrigantes fluyan a la porción apical y por lo tanto no se produce un desbridamiento exitoso. Para romper esta burbuja es necesario el uso de aparatos como es el EndoVac o el ultrasonido para aplicar gradientes de presión al irrigante y así mejorar el fluido dinámico del mismo en los conductos radiculares. (15,33)

Durante la irrigación con ultrasonido se recomienda el uso de agujas de irrigación como son la IrriSafe (Satelec) y las IrriS (VDW) ya que las mismas tienen paredes paralelas y no cortantes con extremidad roma, por lo que no cortan la dentina de las paredes del conducto radicular ocasionando la formación de nuevo barrillo dentinario. Por esta razón en el presente estudio se utilizó las IrriSafe (Satelec) para disminuir por completo la posibilidad de formación de barrillo dentinario y que nos altere los resultados reales. Van der Sluis et al, 2005 compararon la capacidad de un alambre liso para remover el

barrillo dentinario con una lima #15 K y verificaron que los dos instrumentos cortaban las paredes de dentina, pero en mayor cantidad la lima 15.

Los dientes deberían ser cortados con láser luego de realizar la irrigación final con el EndoVac y el ultrasonido ya que al cortarlos con un disco de diamante, podemos alterar los resultados ya que el disco produce más barrillo dentinario durante el corte.

Hasta la actualidad ningún estudio ha demostrado que los métodos para eliminar el barrillo dentinario, tales como el uso de diferentes irrigantes, el ultrasonido, los equipos de activación sónica, el EndoVac, etc, logran eliminar por completo el mismo dentro del sistema de conductos radiculares. Por esta razón es necesario el uso de diferentes irrigantes y la combinación de nuevos equipos para aumentar la limpieza y por ende el éxito en el tratamiento endodóntico. Jorge Vera, 2013 aconsejó que el uso del ultrasonido en combinación con el EndoVac aumentaba la eliminación del barrillo dentinario dando resultados muy satisfactorios en la terapia endodóntica.

Como discusión final podemos decir que nuestra hipótesis fue válida ya que al observar las muestras bajo el microscopio electrónico de barrido, se verificó que el EndoVac eliminó el barrillo dentinario en el tercio apical de manera más eficaz en comparación con el ultrasonido. Esta eliminación no fue completa por lo que se recomienda su uso combinado con otros equipos.

10 Conclusión

En las condiciones que este estudio fue ejecutado y luego del análisis estadístico y con los resultados obtenidos, podemos concluir que:

- Después de comparar a través del microscopio electrónico de barrido la efectividad de la irrigación final ultrasónica y el uso del EndoVac concluimos que no existe una diferencia significativa entre los mismos para eliminar el barrillo dentinario en el tercio apical.
- La irrigación final con ultrasonido logró la eliminación de barrillo dentinario a nivel del tercio apical en 4 de las 10 muestras estudiadas. Esto indica que el uso del ultrasonido por sí solo no logra eliminar por completo el barrillo dentinario.
- La irrigación final con EndoVac logró la eliminación de barrillo dentinario a nivel del tercio apical en 5 de las 10 muestras estudiadas. Concluimos que es necesario la combinación de equipos para efectivizar la eliminación de barrillo dentinario.
- El análisis estadístico muestra que el uso del EndoVac permite una eliminación ligeramente mayor del barrillo dentinario comparándolo con la irrigación ultrasónica.

11 Recomendaciones

- Como protocolo de irrigación podemos recomendar el uso del EndoVac durante toda la preparación biomecánica, excepto la utilización de la microcánula. La microcánula debe utilizarse en la etapa final de irrigación para prevenir que los agujeros de la misma se taponen. A esto recomendamos incluir el uso del ultrasonido como irrigación final, buscando un desbridamiento más efectivo del barrillo dentinario y por ende aumentando el éxito del tratamiento.
- Impulsar mayores proyectos de investigación sobre el EndoVac, especialmente en raíces curvas ya que son estas las que nos representan a los profesionales el mayor desafío durante el tratamiento de endodoncia.
 - Realizar estudios de comparación en cuanto a la extrusión de irrigantes hacia los tejidos periapicales
 - Comparar la efectividad del EndoVac en cuanto a la eliminación de bacterias, por ejemplo trabajar con *E. faecalis*.
- Es necesario que exista proyectos investigativos para mejorar y optimizar el uso de métodos y materiales existentes y para desarrollar nuevas técnicas y materiales (o combinaciones de materiales) para lograr una completa desinfección del sistema de conductos radiculares.

12 Bibliografía

1. Howard, Richard K.; Kirkpatrick, Timothy C.; Rutledge, Richard E.; Yaccino, John M. Comparison of Debris Removal with Three Different Irrigation Techniques. JOE — Volume 37, Number 9, September 2011
2. Hulsmann, Michael; Rodig, Tina; Nordmeyer, Sabine. Complications during root canal Irrigation. Endodontic Topics 2009, 16, 27–63
3. Jiang, Lei-Meng; Lak, Bram; Eijsvogels, Leonardus M.; Wesselink, Paul; Van der Sluis Lucas W.M. Comparison of the Cleaning Efficacy of Different Final Irrigation Techniques. JOE — Volume 38, Number 6, June 2012
4. Townsend, Cameron; Maki, James. An In Vitro Comparison of New Irrigation and Agitation Techniques to Ultrasonic Agitation in Removing Bacteria From a Simulated Root Canal. JOE — Volume 35, Number 7, July 2009
5. Miller, Todd A.; Baumgartner, J. Craig. Comparison of the Antimicrobial Efficacy of Irrigation Using the EndoVac to Endodontic Needle Delivery. JOE — Volume 36, Number 3, March 2010
6. Nielsen, Benjamin A.; Baumgartner, J. Craig. Comparison of the EndoVac System to Needle Irrigation of Root Canals. JOE — Volume 33, Number 5, May 2007
7. Avery, J., & Chiego Jr, D. F. Principios de histología y embriología bucal con orientación clínica. España: Elsevier. (2007).
8. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics – a review. International Endodontic Journal, 43, 2–15, 2010

9. Guerisoli DMZ, Marchesan MA, Walmsley AD, Lumley PJ, Pecora JD. Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation. *International Endodontic Journal*, 35, 418–421, 2002.
10. Kuah, Hong-Guan; Lui, Jeen-Nee; Tseng, Patrick S.K.; Chen, Nah-Nah. The Effect of EDTA with and without Ultrasonics on Removal of the Smear Layer. *JOE — Volume 35, Number 3, March 2009*
11. Klyn, Steven L.; Kirkpatrick, Timothy C.; Rutledge, Richard E.; In Vitro Comparisons of Debris Removal of the EndoActivator™ System, the F File™, Ultrasonic Irrigation, and NaOCl Irrigation Alone after Hand-rotary Instrumentation in Human Mandibular Molars. *JOE — Volume 36, Number 8, August 2010.*
12. Kuah, Hong-Guan; Lui, Jeen-Nee; Tseng, Patrick S.K.; Chen, Nah-Nah. The Effect of EDTA with and without Ultrasonics on Removal of the Smear Layer. *JOE — Volume 35, Number 3, March 2009*
13. Saber, Shehab El-Din; Rahman, Ahmed Abdel Hashem. Efficacy of Different Final Irrigation Activation Techniques on Smear Layer Removal. *JOE — Volume 37, Number 9, September 2011*
14. Haapasalo, Markus; Shen Ya. Current therapeutic options for endodontic biofilms. *Endodontic Topics 2012, 22, 79–98.*
15. Kishen, Anil. Advanced therapeutic options for endodontic biofilms. *Endodontic Topics 2012, 22, 99–123*
16. van der Sluis LWM, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *International Endodontic Journal*, 39, 472–476, 2006.

17. Leonardo, Mario Roberto. Endodoncia: Tratamiento de Conductos Radiculares. Principios, Técnicas y Biológicas. Editorial Artes Médicas Latinoamericanas. Sao Paulo-Brasil. 2005. Pag. 435-455.
18. Gu, Li-sha; Kim, Jong Ryul; Ling, Junqi; Choi, Kyung Kyu; Pashley, David H.; Tay, Franklin R. Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. JOE — Volume 35, Number 6, June 2009
19. Ahmet, Serper, et al. Accidental Sodium Hypochlorite-Induced Skin Injury During Endodontic Treatment. Journal of Endodontics. Vol. 30, No. 3, March 2004.
20. Desai, Pranav; Himel Van. Comparative Safety of Various Intracanal Irrigation Systems. JOE — Volume 35, Number 4, April 2009
21. Siu, Chris; Baumgartner, J. Craig. Comparison of the Debridement Efficacy of the EndoVac Irrigation System and Conventional Needle Root Canal Irrigation In Vivo. JOE — Volume 36, Number 11, November 2010
22. Gutman, James L. Solución de problemas en Endodoncia. Editorial Elsevier. Cuarta Edición. Madrid-España. 2007. Pag. 143-153.
23. Huque, J. Kota K. Yamaga, M. et al. Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with sodium hypochlorite. International Endodontic Journal (1998) 31, 242–250
24. Soares, Ilson José, et al. Endodoncia: Técnica y Fundamentos. Editorial Médica Panamericana. Primera Edición. Buenos Aires-Argentina. 2002. Pag. 127-129.
25. Mitchell, Ross P.; Baumgartner, Craig; Sedgley, Christine M. Apical Extrusion of Sodium Hypochlorite Using Different Root Canal Irrigation Systems. JOE — Volume 37, Number 12, December 2011

26. Mitchell, Ross Paton; Yang, Sung-Eun; Baumgartner, J. Craig. Comparison of Apical Extrusion of NaOCl Using the EndoVac or Needle Irrigation of Root Canals. JOE — Volume Number 1, April 2010
27. Walton, Richard E., et al. Endodoncia: Principios y Práctica. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Segunda Edición. México D-F. 1997. Pag. 227-229, 341-343.
28. Guuner, Bergenholtz, et al. Endodoncia: diagnóstico y tratamiento de la pulpa. Editorial Manual Moderno. Primera Edición. México. 2007. Pag. 164,165.
29. Moura, Luciana, et al. Antimicrobial Activity of Different Concentrations of NaOCl and Chlorhexidine Using a Contact Test. Braz Dent J (2003) 14(2): 99-102.
30. Estrela, C, et al. Mechanism of Action of Sodium Hypochlorite. Braz Dent J 13(2) 2002
31. Heilborn, Carlos; Reynolds, Kai; Johnson, James D.; Cohenca, Nestor. Cleaning efficacy of an apical negative-pressure irrigation system at different exposure times. Quintessence International. Volume 41, Number 9, October 2010.
32. Plotino, Gianluca; Pameijer, Cornelis H;. Grande, Nicola Maria; Somma, Francesco. Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. JOE — Volume 33, Number 2, February 2007
33. Susin L, Liu Y, Yoon JC, Parente JM, Loushine RJ, Ricucci D, Bryan T, Weller RN, Pashley DH, Tay FR. Canal and isthmus debridement efficacies of two irrigant agitation techniques in a closed system. International Endodontic Journal, 43, 1077–1090, 2010.

34. Passarinho-Neto, Jarbas Gonçalves; Marchesan, Melissa Andréia; Ferreira, Rafael Brandão; Silva, Ricardo Gariba; Correa Silva-Sousa, Yara Teresinha; Sousa-Neto, Manoel D. In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation. *Aust Endod J* 2006; 32: 123–128.
35. Van der Sluis, L. W. M.; Versluis, M.; Wu, M. K.; Wesselink, P. R. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International Endodontic Journal*, 40, 415–426, 2007
36. L. W. M. van der Sluis; M.-K. Wu; P. R. Wesselink. A comparison between a smooth wire and a K-file in removing artificially placed dentine debris from root canals in resin blocks during ultrasonic irrigation. *International Endodontic Journal*, 38, 593–596, 2005
37. Lee S-J, Wu M-K, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *International Endodontic Journal*, 37, 672–678, 2004.
38. Mancini, Manuele; Cerroni, Loredana; Iorio, Lorenzo. Smear Layer Removal and Canal Cleanliness Using Different Irrigation Systems (EndoActivator, EndoVac, and Passive Ultrasonic Irrigation): Field Emission Scanning Electron Microscopic Evaluation in an In Vitro Study. *JOE — Volume 39, Number 11, November 2013*
39. Acteon Medico-Dental Iberica, S.A.U.
<http://www.es.acteongroup.com/pdf/Catalogos/InsertsIrrisafe.pdf>
40. Palazzi, Flavio; Giardino, Luciano; Mohammadi, Zahed; et al. Debridement effectiveness of two different techniques using negative pressure irrigation system. *Giornale Italiano di Endodonzia*, 2012.

41. Parente JM, Loushine RJ, Susin L, Gu L, Looney SW, Weller RN, Pashley DH, Tay FR. Root canal debridement using manual dynamic agitation or the EndoVac for final irrigation in a closed system and an open system. *International Endodontic Journal*, 43, 1001–1012, 2010.
42. Kurtzman, Gregori M. Improving endodontic success through use of the EndoVac irrigation system. *Australasian Dental Practice*. March/April 2010.
43. Malentacca, Augusto; Uccioli, Umberto; Zangari, Dario; Lajolo, Carlo; Fabiani, Cristiano. Efficacy and Safety of Various Active Irrigation Devices When Used with Either Positive or Negative Pressure: An In Vitro Study. *J Endod* 2012;1–5.
44. EndoVac: Apical Negative Pressure Irrigation System. Instructions for Use. Discus Dental.
http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=3&ved=0CD8QFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.simitdental.it%2Finclude%2Ffileviewer.asp%3FID%3D1503&ei=xL1KU5_YJ8eI0gHJuYCIAQ&usq=AFQjCNH8P4RKs4FRH3xIRBTaqtOHK6IGg&sig2=LqS2p_RnK09y9IA27xKKQg

13 Anexo 1: Evaluación de concordancia entre expertos

		V2			V3		
		0	1	2	0	1	2
V1	0	4			2	2	
	1		6	2		7	1
	2			10		2	8
V2	0				2	2	
	1					6	
	2					3	9

		V2			V3		
		0	1	2	0	1	2
V1	0						
	1						
	2			2			2
V2	0						
	1						
	2						2

		V2			V3		
		0	1	2	0	1	2
V1	0	2			2		
	1		2	2		3	1
	2			4		1	3
V2	0				2		
	1					2	
	2					2	4

		V2			V3		
		0	1	2	0	1	2
V1	0	2			2	2	
	1		4			4	
	2			4		1	3
V2	0				2	2	
	1					4	
	2					1	3

14 Anexo 2: Valores Kappa de Cohen

Grupo	Evaluadores contrastados	Límite inferior	Valor	Límite superior
EndoVac	1 vs 2	0.31	0.69	1.1
	1 vs 3	0.29	0.69	1.1
	2 vs 3	0.31	0.69	1.1
Ultrasonido	1 vs 2	1	1	1
	1 vs 3	0.12	0.5	0.88
	2 vs 3	0.12	0.5	0.88
Control	1 vs 2	-0.69	0	0.69
	1 vs 3	-0.69	0	0.69
	2 vs 3	-0.69	0	0.69
Total	1 vs 2	0.66	0.85	1
	1 vs 3	0.35	0.63	0.91
	2 vs 3	0.38	0.64	0.89

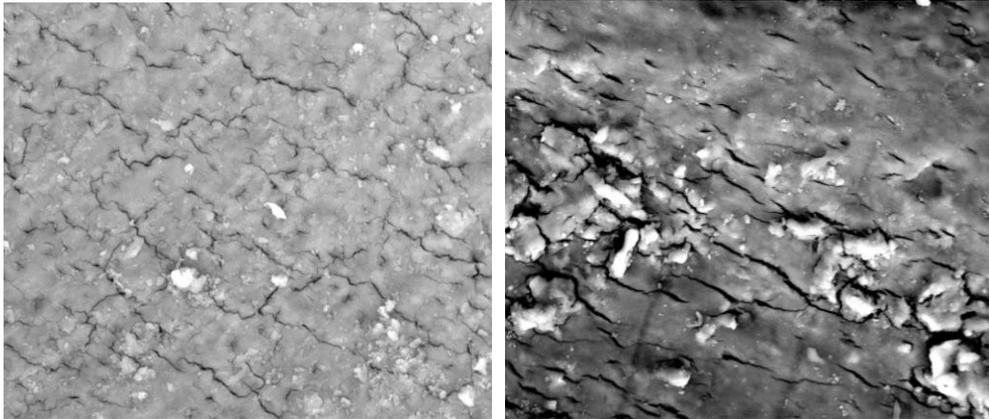
15 Anexo 3: Tabla de Recolección de Datos

Método	No. de Diente	No. de Cuadros	No. de Positivos	Observador	Valoración
Ultrasonido	1	106	39	1	1
				2	1
				3	1
Ultrasonido	2	250	106	1	0
				2	0
				3	1
Ultrasonido	3	480	465	1	2
				2	2
				3	2
Ultrasonido	4	480	465	1	2
				2	2
				3	2
Ultrasonido	5	480	425	1	1
				2	1
				3	1
Ultrasonido	6	388	364	1	2
				2	2
				3	1
Ultrasonido	7	480	92	1	1
				2	1
				3	1
Ultrasonido	8	480	480	1	2
				2	2
				3	2
Ultrasonido	9	480	74	1	0
				2	0
				3	1
Ultrasonido	10	480	453	1	1
				2	1
				3	1
EndoVac	11	480	24	1	0
				2	0
				3	0
EndoVac	12	434	330	1	1
				2	1
				3	1
EndoVac	13	480	443	1	2

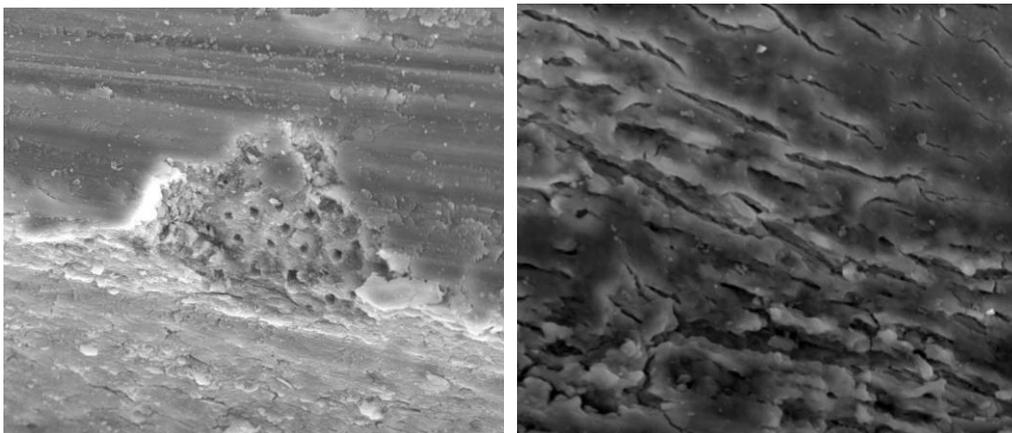
				2	2
				3	2
EndoVac	14	480	20	1	1
				2	1
				3	1
EndoVac	15	480	106	1	1
				2	2
				3	1
EndoVac	16	480	16	1	2
				2	2
				3	1
EndoVac	17	480	466	1	2
				2	2
				3	2
EndoVac	18	480	468	1	2
				2	2
				3	2
EndoVac	19	480	426	1	1
				2	2
				3	2
EndoVac	20	480	54	1	0
				2	0
				3	0
Control	21	480	477	1	2
				2	2
				3	2
Control	22	480	476	1	2
				2	2
				3	2

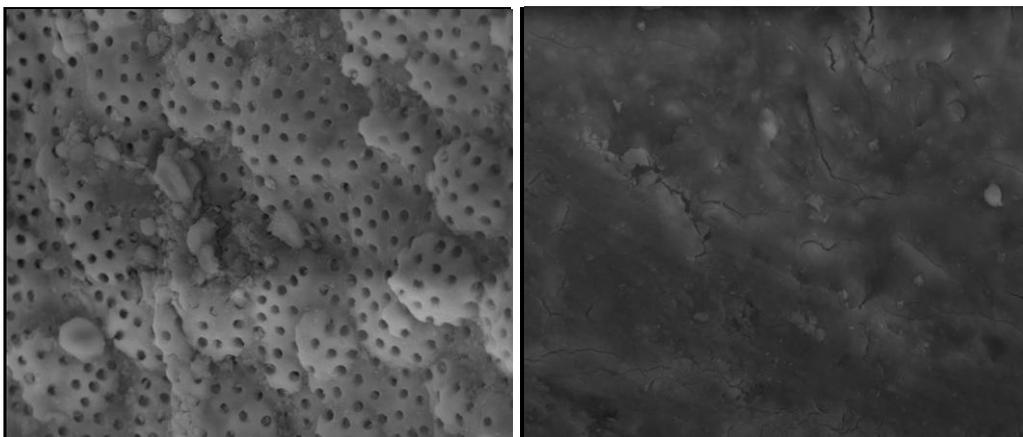
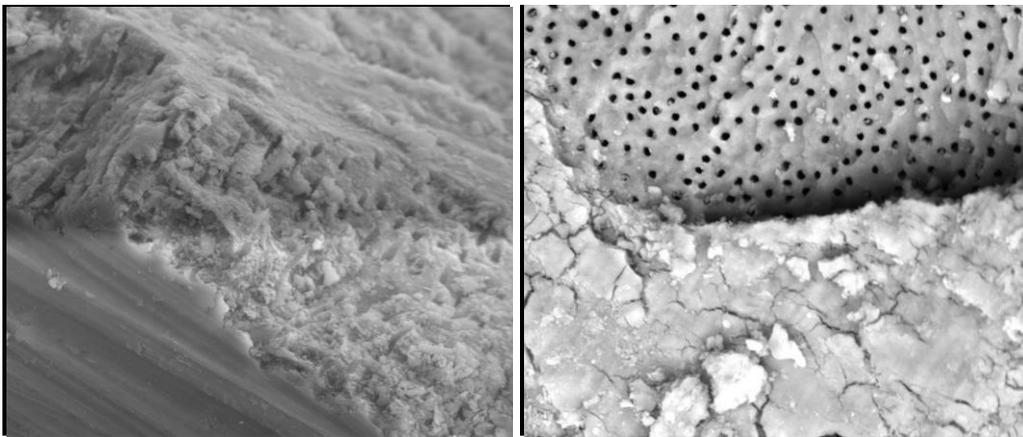
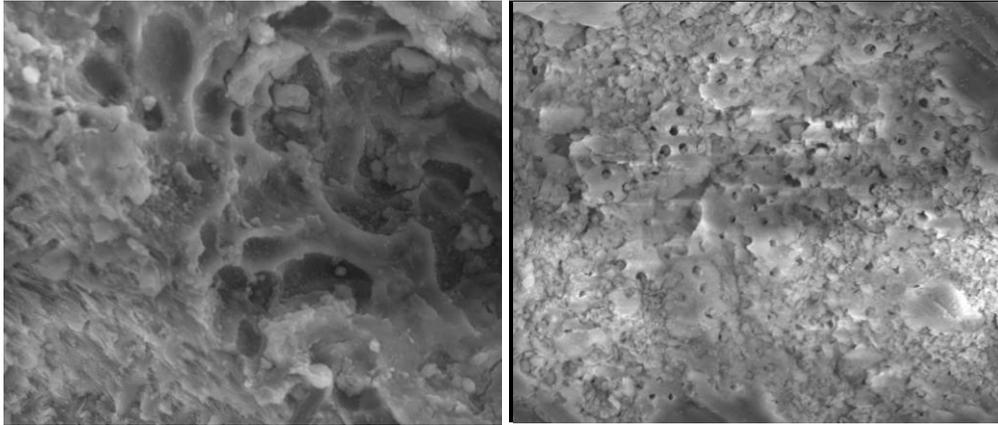
16 Anexo 4: Fotografías de las muestras bajo el MEB

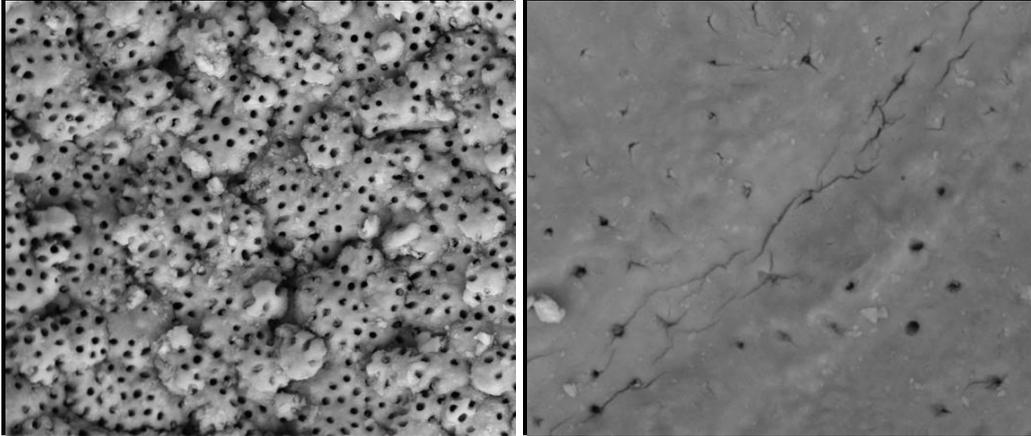
16.1 Grupo Control



16.2 Grupo EndoVac







16.3 Grupo Ultrasonido

