



**UNIVERSIDAD MICHUACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y POSGRADO CUEPI
ESPECIALIDAD DE ENDODONCIA**

TESIS

**EFICACIA DE LA LIMPIEZA FINAL ULTRASÓNICA CON NaOCI, EN
CONDUCTOS INFECTADOS CON CEPAS DE *E. FAECALIS*: UNA
REVISIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA SU EVALUACIÓN.**

PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALISTA DE ENDODONCIA

PRESENTA:

C.D. MAYELI CHÁVEZ GUZMÁN.

ASESOR DE TESIS: C.D.E.E. ADRIANA LUCÍA ARENAS PÉREZ.

COASESOR: DRA. DEYANIRA SERRATO OCHOA.

ASESOR EXTERNO: Q.F.B. RODRIGO DÍAZ BALCAZAR.

ASESOR EXTERNO: DR. RAFAEL ORTIZ ALVARADO.

MORELIA, MICHOACÁN

MEXICO

2013.

**EFICACIA DE LA LIMPIEZA FINAL ULTRASÓNICA CON NaOCL ,
EN CONDUCTOS INFECTADOS CON CEPAS DE *E. FAECALIS*:
UNA REVISIÓN DE MÉTODOS PARA SU EVALUACIÓN.**

ACTA DE REVISIÓN

INDICE

PAGINAS.

1. Acta de revisión.....	3.
2. Resumen.....	5-6.
3. Palabras clave.....	7.
4. Introducción.....	7-8.
5. Antecedentes.....	9-55.
6. Justificación.....	56.
7. Objetivo general y específico.....	57.
8. Procedimientos de metodología de revistas indexadas y con factor impacto.....	58-59.
9. Análisis y discusión.....	60-61.
10. Conclusiones.....	62-63.
11. Recomendaciones.....	64.
12. Glosario.....	65-66.
13. Relación de figuras y tablas.....	67-74.
14. Bibliografía.....	75-79.

RESUMEN

EFICACIA DE LA LIMPIEZA FINAL ULTRASÓNICA CON NaOCl, EN CONDUCTOS INFECTADOS CON CEPAS DE *E. FAECALIS*: UNA REVISIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA SU EVALUACIÓN.

En el tratamiento endodóntico uno de los principales factores que se asocia con el fracaso es la persistencia de infección microbiana en los conductos radiculares, mediante una revisión detallada de artículos y textos se observó que el *E. faecalis* es el microorganismo que mejor se adapta y tolera las condiciones etiológicas existentes en los conductos obturados, y que el hipoclorito de sodio, aplicado en la limpieza final ultrasónica, es capaz de lograr mayor arrastre de microorganismos, mejorando el pronóstico del tratamiento endodóntico. El propósito de este estudio fue obtener mediante revisiones bibliográficas la metodología más indicada para evaluar la capacidad antibacteriana del NaOCl en cepas *E. faecalis*.

OBJETIVO: Indicar de acuerdo a las revisiones bibliográficas la eficacia antibacteriana del NaOCl, en la limpieza final ultrasónica.

PROCEDIMIENTOS DE LA METODOLOGIA DE REVISTAS INDEXADAS Y CON

FACTOR IMPACTO: teniendo en cuenta que una de las causas más frecuentes de fracaso endodóntico es debido a las bacterias que logran permanecer en los conductos radiculares, pese a la instrumentación e irrigación, se revisaron artículos científicos de revistas con factor impacto, tomadas de Journals Endodontic, medline y pubmed que evalúan que tipos de microorganismos son encontrados con mayor frecuencia en infecciones endodónticas persistentes, el *E. faecalis* es un microorganismo que persiste en esta patología ya que posee características que permiten que adapte y tolere las condiciones ecológicas existentes en los conductos radiculares obturados.

El irrigante más estudiado en las investigaciones es el hipoclorito de sodio NaOCl, ya que debido a sus propiedades antibacterianas contra diferentes especies de microorganismos como microaerófilos, aerobios y anaerobios facultativos y estrictos y su capacidad para disolver tejido, sin dejar de lado su acción lubricante, además de ser capaz de remover la biopelícula formada por *E. faecalis* luego de 5 min de exposición. El ultrasonido también tiene un papel importante en las investigaciones revisadas, ya que produce un movimiento oscilatorio del instrumento, la cavitación, microcorriente acústica y la generación de calor; que en combinación con las propiedades de las soluciones irrigadoras, logra generar un efecto sinérgico que potencializa la acción biológica del irrigante dentro del conducto radicular siendo activado de manera indirecta, mediante una lima oscilante genera una microcorriente acústica permitiendo que se propaguen las ondas de choque y así desintegren las bacterias, sustancias orgánicas y liberen detritos adosados a las paredes del conducto. Se analizaron literaturas y artículos donde se demuestra que la biología molecular nos permite cuantificar las cepas, así como reproducirlas a partir de un fragmento de ADN particular.

PALABRAS CLAVE: Irrigación, inoculación, *E. faecalis*, Biología molecular, PCR.

INTRODUCCIÓN

Es sabido que el éxito en el tratamiento endodóntico está basado en la triada endodóntica, que consiste en una buena limpieza, conformación y obturación del conducto radicular, el cuál en ocasiones genera dificultades debido a su morfología. La instrumentación por sí sola no es suficiente para eliminar la mayor cantidad de bacterias, por ello es necesario utilizar sustancias irrigantes activadas por ultrasonido que nos permitan incrementar la acción de los instrumentos y llegar a esas zonas del conducto que no son alcanzadas por los instrumentos para lograr una mayor desinfección, ya que si no se logra eliminar la mayor cantidad de bacterias y sus productos se puede desarrollar una infección primaria o persistente.

El *E. faecalis* es el microorganismo que se ha logrado aislar con mayor frecuencia en infecciones endodónticas persistentes, debido a su gran capacidad de adaptación y resistencia, por tal razón es necesario utilizar un irrigante que sea capaz de eliminar la mayor cantidad posible antes de la obturación.

El hipoclorito de sodio ha demostrado ser capaz de eliminar este microorganismo, y aunado al ultrasonido logra incrementar su acción debido a que las vibraciones sonoras mueven el irrigante produciendo ondas que al chocar viajan a través del canal radicular provocando una mejor remoción, disolución de debris y desinfección dentro del conducto.

Procedimientos de metodologías de revistas indexadas y con factor impacto, se analizaron artículos que evalúan la presencia de la cepas de *E. faecalis*, dentro del conducto radicular, ya que ha sido el microorganismo más encontrado en

infecciones endodónticas persistentes, mostrando cuales son las circunstancias que permiten que sea el que mejor se adapta y tolere las condiciones etiológicas existentes en los conductos radiculares obturados. El irrigante más utilizado en las investigaciones del tema es el hipoclorito de sodio NaOCl, debido a sus propiedades antibacterianas, su capacidad para disolver tejido, sin dejar de lado su acción lubricante, así como artículos que evalúan las ventajas del ultrasonido, al producir un movimiento oscilatorio del instrumento, la cavitación, microcorriente acústica y la generación de calor; que en combinación con las propiedades de la solución irrigadora. Y las ventajas de utilizar la biología molecular para cuantificar cepas, mediante Reacción en Cadena de la Polimerasa, conocida como PCR, cuyo objetivo es obtener un gran número de copias de un fragmento de ADN particular.

ANTECEDENTES

El tratamiento endodóntico consiste en la eliminación completa del tejido pulpar, el cual ha sufrido un daño irreversible, así como la limpieza, configuración y obturación de los conductos radiculares, de tal manera que se pueda conservar el diente como una unidad funcional dentro del arco dental.

El éxito de la terapia endodóntica está basado en una serie de factores que se relacionan entre sí y que incluyen el acceso, la preparación y la obturación radicular. Dichos factores no son suficientes para lograr el éxito, es por ello que deben ser complementados con la irrigación, la cual nos permitirá expulsar el detritus formado con la acción del limado (Cohen. B. 1999)(13). Durante la preparación biomecánica se forma una capa de desecho, compuesta de depósitos de partículas orgánicas e inorgánicas de tejido calcificado aunado a diversos elementos orgánicos como tejido pulpar debridado procesos odontoblásticos, microorganismos y células sanguíneas compactadas al interior de los túbulos dentinarios (debris), evitando así llegar a obturar parte del conducto o bien ser fuente de reinfección (Hülsmann M. 1998)(38). Así como la irrigación es parte fundamental para el éxito, lo son también la medicación intraconducto, un buen sellado coronario temporal y definitivo, mediante una adecuada rehabilitación de la pieza dentaria con la finalidad de restituir su función (Taylor G. 1984)(75).

Una de las principales causas por las que no se obtiene éxito en el tratamiento de conductos se debe a la persistencia de infección (Sjögren U. *et. al.*, 1990)(71), causada por microorganismos que logran permanecer dentro de túbulos dentinarios, en lagunas de cemento radicular, en foraminas apicales ó en lesiones periapicales (Tronstad L. *et. al.*, 1987)(76), induciendo así a una infección endodóntica que a través del foramen apical o foraminas accesorias, ocasionan un daño a los tejidos periradicales y a la vez suscitan cambios

inflamatorios (Siqueira J. *et. al.*, 2005)(67), capaces de inducir la destrucción de los tejidos periapicales (Sundyvist *et. al.*, 2003)(72).

Al conocer que los microorganismos son los principales causantes del fracaso endodóntico, diversos investigadores realizaron estudios para detectar cual microorganismo era el causal principal:

Siqueira y Rocas 2005 (67), analizaron una recopilación de estudios en los cuales evalúan la microbiota presente en infecciones endodónticas primarias, encontrando especies de microorganismos como: *Pseudoramibacter alactolyticus*, *Porphyromonas endodontalis*, *Treponema denticola*, *Dialister pneumosintes*, *Filifactor alocis*, *E. faecalis*, *Tanerella forsythia*, entre otros. Las cepas que se encontraron en mayor porcentaje en las infecciones endodónticas primarias, fueron *E. faecalis*, observándose con porcentajes que varían desde el 30% aproximadamente en infecciones endodónticas asociadas con lesiones periradiculares asintomáticas, y del 5% aproximadamente en infecciones endodónticas asociadas con periodontitis apical aguda.

Baumgartner y cols. 1991(6), cultivaron e identificaron los microorganismos que se encontraban presentes en los 5mm apicales de los conductos radiculares de dientes con caries coronal y con lesiones periapicales inflamatorias asociadas a éstas. Realizaron cultivos aerobios y anaerobios y concluyeron que hay mayor predominio de microorganismos anaerobios en los últimos 5mm apicales. La presencia de *E. faecalis* se evidenció en 4 de las 10 muestras (40%).

Portenier I y cols. 2003(61), señalan que *E. faecalis* ha sido el microorganismo patógeno más asociado a las infecciones endodónticas persistentes, siendo aislado frecuentemente de la flora microbiana mixta o de monocultivos.

Basados en los estudios realizados observamos que el *E. faecalis* es el microorganismo que mejor se adapta y tolera las condiciones etiológicas existentes en los conductos radiculares obturados, esto debido a ciertas características microbiológicas, como son sus factores de virulencia y su capacidad para formar biopelículas. Por ello es importante profundizar en dichas características microbiológicas y entender cuál es el papel que desempeña cada una de ellas en su desarrollo, crecimiento y supervivencia del mismo dentro del sistema de conductos radiculares (Portenier I. *et. al.*, 2003)(61).

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DE *ENTEROCOCCUS FAECALIS*

El *E. faecalis* es un coco Gram positivo puede estar solo, en pares o cadenas (fig.1). Es un microorganismo anaerobio facultativo, su crecimiento óptimo ocurre a 35°C; sin embargo también se ha observado crecimiento entre 10 y 45°C. Todas las cepas pueden crecer en caldos que contengan cloruro de sodio al 6.5% y esculina hidrolizada, en presencia de sales biliares al 40% ; éstas células pueden aparecer como coco-bacilos cuando se realiza la tinción Gram, en muestras provenientes de placas de Agar ó aparecer ovales en cadenas, cuando se realiza la tinción Gram en muestras provenientes de caldo de tioglicolato. (Portenier I. *et. al.*, 2003; Facklam R. *et. al.*, 1999)(61,28).

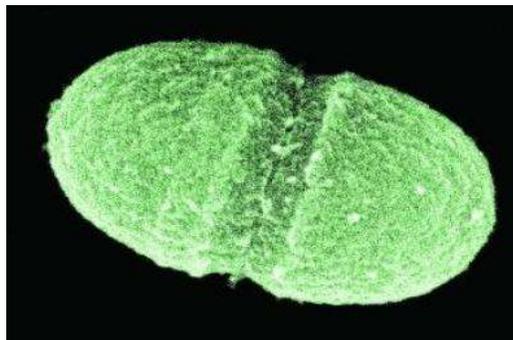


Figura (1). *Enterococcus Faecalis*.
(Tomada de Proc Natl Acad Sci U S A.

Casi todas las cepas de este microorganismo son homofermentativas, no contienen enzimas citocrómicas y el ácido láctico resulta como producto final de la fermentación de la glucosa (Portenier I. *et. al.*, 2003)(61). Por otro lado, el *E. faecalis* posee una pared celular con antígenos del grupo D, el cual es un ácido lipoteicoico glicerol intracelular asociado con la membrana citoplasmática. La pared celular está constituida por una gran cantidad de peptidoglicanos y ácido teicoico (Portenier I. *et. al.*, 2003)(61). Una característica importante del *E. faecalis*, es su habilidad de crecer en medios con pH ácido y alcalino, en donde este último normalmente inhibe el crecimiento y supervivencia de muchos otros microorganismos (Portenier I. *et. al.*, 2003)(61).

McHugh C. y cols. 2004(55), realizan un estudio donde se evalúa el pH necesario para inhibir el crecimiento del *E. faecalis.*, y el experimento in vitro demostró que se necesita un pH mayor de 11.0 para la erradicación de este microorganismo. Los autores refieren que el hidróxido de calcio como medicación intraconducto puede alcanzar un pH crítico dentro del conducto radicular. Sin embargo la ubicación de este microorganismo, dentro de los túbulos dentinarios, es incierta. Aparentemente el pH crítico mayor de 11, también conocido como “umbral de erradicación”, no se logra en la dentina luego de la aplicación del hidróxido de calcio. Esto hace suponer que el *E. faecalis*, puede persistir en los túbulos dentinarios y quizás volver a infectar el conducto radicular (McHugh C. *et. al.*, 2004)(55).

Nakajo y cols. 2006 (57), en este mismo sentido evalúan las propiedades bioquímicas del *E. faecalis* que le confieren la resistencia ácido-alcalina, comparándola con la de *Streptococcus mutans.*, el *E. faecalis* mostró ácido-resistencia similar al *S. mutans* y una mayor alcalino-resistencia., Estos autores sugieren que la resistencia al pH del *E. faecalis*, se puede atribuir a la resistencia de la membrana citoplasmática frente a medios ácidos o alcalinos junto con el

sistema de transporte de protones vinculado al ATP. Junto con la propiedad de sobrevivir a medio ambiente con pH ácido o alcalino, el *E. faecalis* ha demostrado también ser capaz de formar comunidades microbianas adheridas a superficies o biopelículas que forman una capa viscosa y su matriz representa generalmente el 85% del volumen de la biopelícula (Portenier I. *et. al.*, 2003)(61).

En relación a esto numerosas investigaciones afirman la capacidad del *E. faecalis* de formar biopelícula y así poder sobrevivir a ciertas medicaciones intraconductos y a diversos protocolos de irrigación.

Uno de ellos es el trabajo realizado por George y cols. 2005 (31), que evalúan si tienen influencia las condiciones ambientales y nutricionales en las características de las biopelícula y su penetración dentro de los túbulos dentinarios. Las condiciones ambientales estudiadas fueron medios ambientes aerobios y anaerobios ricos y pobres en nutrientes. Los resultados obtenidos bajo el microscopio electrónico de barrido demuestran la formación de distintos tipos de biopelículas (fig. 2), esto dependiendo del tipo de medio ambiente y nutrición. Mostrando que cuando el *E. faecalis* creció en un medio ambiente aeróbico y rico en nutrientes, la formación de biopelículas y la penetración de microorganismos dentro de los túbulos dentinarios se presentaba y era profunda, que cuando eran en medios anaeróbicos y ricos en nutrientes, observando una formación de biopelícula con forma característica de "hongo", con canales de fluidos a su alrededor. Por el contrario, cuando las condiciones fueron aeróbicas, pero con bajo nivel de nutrientes, se observaron discontinuos de grupos celulares adheridos y ninguna bacteria dentro de los túbulos dentinarios. En el grupo donde las condiciones eran anaeróbicas con bajo nivel de nutrientes, sí se pudo observar la formación de biopelículas con células bacterianas adheridas a la superficie de la pared dentinaria del conducto radicular. Concluyendo que la población bacteriana observada fue mayor cuando las condiciones ambientales eran ricas en

nutrientes que cuando eran escasos, por lo que se puede afirmar que el desarrollo y modificación de las biopelículas formadas por *E. faecalis* en el conducto radicular y su penetración dentro de los túbulos dentinarios se ve modulada por las condiciones ambientales prevalentes (George S. *et. al.*, 2005)(31).

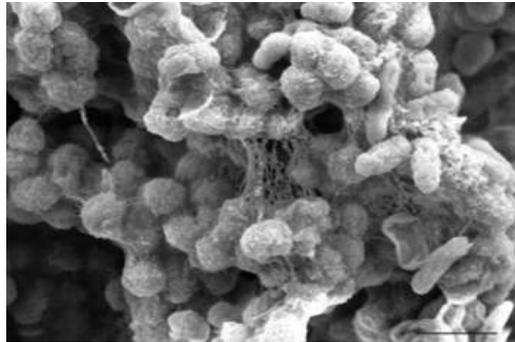


Figura (2). Biopelícula de *E. faecalis*.
(Tomada de Pascale Guiton).

Contrario a los resultados de la investigación descrita anteriormente, Duggan G. y cols. 2007(24), evaluaron cuantitativamente la formación de biopelículas por parte de cepas aisladas del *E. faecalis*, provenientes de conductos radiculares y de la cavidad oral. Sus resultados señalan que no existe diferencia significativa entre la habilidad del *E. faecalis* de formar biopelículas y la fuente de aislamiento, así como también pudieron concluir que las cepas aisladas tienen capacidad inherente de formar biopelículas, comparadas con cepas aisladas del *E. faecalis* en enfermedades como la endocarditis infecciosa.

Al conocer la capacidad de resistencia, adaptación y formación de biopelículas del *E. faecalis*, es necesario utilizar sustancias irrigantes, que al entrar en contacto dentro del conducto radicular ejerzan una función: física, química y biológica, para así retirar la capa de biopelícula y prevenir una reinfección (Hülsmann M. 1998)(39).

La solución irrigadora tiene como efecto principal actuar como lubricante y agente de limpieza durante la preparación biomecánica, logrando así remover microorganismos, productos asociados a la degeneración tisular y restos orgánicos e inorgánicos, con lo que se impide la acumulación de los mismos en el tercio apical, garantizando la eliminación de dentina contaminada y la permeabilidad del conducto desde el orificio coronario hasta el agujero apical (Hülsmann M. 1998)(39).

SOLUCION IRRIGADORA

Weine FS. 1997(82), describe los objetivos del uso de un irrigante en el conducto radicular enumerándolos:

1. Arrastre, retirando los restos de dentina para evitar el taponamiento del conducto radicular.
2. 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.
3. Acción antiséptica o desinfectante.
4. Lubricante, sirviendo de medio de lubricación para la instrumentación del conducto radicular.
5. Acción blanqueante, debido a la presencia de oxígeno nascente.

Walton RE. 1997(80), menciona las propiedades que debe de tener una solución irrigadora para que sea ideal:

- a. Ser bactericida o bacteriostático, debe actuar contra hongos y esporas.
- b. Baja toxicidad, no debe ser agresivo para los tejidos periradiculares.
- c. Solvente de tejidos o residuos orgánicos e inorgánicos.
- d. Baja tensión superficial.
- e. Eliminar la capa de desecho dentinario.
- f. Lubricante.
- g. Otros factores: aplicación simple, tiempo de vida adecuado, fácil almacenaje, costo moderado, acción rápida y sostenida.

A lo largo del tiempo se han utilizado diversas sustancias tratando de encontrar aquella que cumpla con los requisitos ideales:

Schreier en 1893(65), retiró tejidos necróticos mediante la introducción de potasio o sodio metálico en los conductos radiculares, 27 años más tarde Crane (1920), describió el uso de la solución de Dakin (0.5% NaOCl), para la terapia endodóntica. Entre 1930 y 1940, se utilizaron enzimas proteolíticas por su propiedad de disolver los tejidos, estas enzimas no obtuvieron una amplia aceptación y se mostró que poseían muy poca propiedad para disolver el tejido necrótico dentro de los sistemas de conductos radiculares, en este mismo año se introdujeron otras soluciones como el agua destilada, ácidos: clorhídrico y sulfúrico, peróxido de hidrógeno, combinado con el hipoclorito de sodio, para así obtener una mejor limpieza del conducto (Lasala. A. 1992)(46). Uno de los que

inicia con la irrigación con peróxido de hidrógeno combinado con hipoclorito de sodio, aplicándolo de forma alternada fue Grossman en 1941, consiguiendo de esta manera una mayor limpieza, obtenida por la efervescencia del oxígeno naciente que libera el agua oxigenada, y en conjunto con Meimann ensayaron varios agentes químicos utilizados durante la fase de preparación biomecánica de los conductos radiculares y comprobaron que el hipoclorito de sodio al 5% (soda clorada doblemente concentrada) fue el disolvente más eficaz del tejido pulpar (Grossman LI. *et. al.*, 1941; Leonardo MR., Leal JM. 1994.)(48). dos años más tarde sugirió el empleo alternado de hipoclorito de sodio con agua oxigenada de 10 v. en 1953 Auerbach B. después del aislamiento absoluto de 60 dientes despulpados e infectados, obtuvo un 78% de pruebas bacteriológicas negativas inmediatamente después de la intervención, solamente con instrumentación mecánica e inundación de los conductos radiculares con soda clorada y agua oxigenada. En 1955, Stewart G. G. reiteran los resultados obtenidos. 2 años después Ostby N. B. utiliza el ácido etilendiaminotetraacético bajo la forma de una sal disódica, con alta capacidad de formar compuestos no iónicos y solubles, con un gran número de iones calcio, en el año de 1958 Piloto L. recomendó la supresión del agua oxigenada, ya que según su opinión no disminuía en nada la limpieza del conducto radicular por medio de la irrigación y la aspiración, utilizándose únicamente el hipoclorito de sodio. En el mismo año Rapela emplea detergentes sintéticos como vehículo para antibióticos con la finalidad de obtener un mejor acceso a las zonas inaccesibles del conducto radicular. En 1960 Marshall y col. mostraron en sus estudios que los antisépticos acuosos penetraban más fácilmente en los conductos dentinarios, en donde no se colocaban sustancias no acuosas, y que el hipoclorito de sodio al 5% es consecuencia del aumento de la permeabilidad dentinaria; en este mismo año Bozzo y Nascimento recomendaron el "Duponol C" (mezcla de alquisulfato de sodio) en solución al 2% en agua destilada. Después, en 1962, Bevilacqua y cols. afirmó estar utilizando un detergente catiónico, el cloruro de acil dimetil-bencilamonio en concentración de

1:1000, conocido por su nombre comercial: Zefirol. Un año después Fehr y Ostby observaron que la extensión de la desmineralización del E.D.T.A. fue proporcional al tiempo de aplicación. En un estudio comparativo con ácido sulfúrico al 50% los autores citados probaron que una aplicación de E.D.T.A. durante 5 minutos sobre la dentina desmineralizaba una capa de 20 a 30 μm , y que aplicada por 48 horas demostraba una marcada acción quelante, en una profundidad de aproximadamente 50 μm . Además demostraron que la capa alcanzada por el agente estudiado se presentaba bien definida y limitada por una línea regular de demarcación, demostrando que este agente tenía auto delimitación, lo que es de una gran importancia clínica. Leonardo M. R. en 1967 evaluó la eficacia del "lauril dietilenglicol-éter sulfato de sodio a 0.125g%, un detergente aniónico conocido con el nombre comercial de Tergentol, demostrando que esta solución no fue suficiente para obtener y mantener la desinfección de los conductos radiculares de los dientes despulpados e infectados, por no poseer poder bactericida. En 1970 Kotula y Bordacova, evidenciaron in vivo que el E.D.T.A. al 10% reducía considerablemente la población bacteriana del conducto en 10 minutos.

Dada la gran controversia respecto a qué solución debemos utilizar, mencionaremos las características de los irrigantes más utilizados:

SOLUCIÓN SALINA

Es un líquido irrigador que minimiza la irritación y la inflamación de los tejidos. En concentración isotónica la solución salina (fig. 3), no produce daños conocidos en el tejido y se ha demostrado que expelle los detritos de los conductos con tanta eficacia como el hipoclorito de sodio (Lasala A. 1992)(46). Produce gran desbridamiento y lubricación. Esta solución es susceptible de contaminarse con materiales biológicos extraños por una manipulación incorrecta antes, durante y después de utilizarla. La irrigación con solución salina sacrifica la destrucción

química de la materia microbiológica y la disolución de los tejidos mecánicamente inaccesibles (Cohen B. 1999)(13).

Algunos autores concluyen que el volumen de irrigante es más importante que el tipo de irrigante, y recomiendan el uso de una solución compatible biológicamente tal como la solución salina, pero ésta tiene poco o ningún efecto químico y depende solamente de su acción mecánica para remover materiales del conducto radicular. Esta sustancia es la más benévola con el tejido dentro las soluciones de irrigación (Baumgarther JC. 1987)(5). El efecto antibacteriano y su disolución de tejido es mínima si se compara con el peróxido de hidrógeno, o el hipoclorito de sodio (Hülsmann M. 1998)(39).



Figura (3). Solución salina. Tomada de Copyright © 2012 MagicBodyArt.

SOLUCIÓN ANESTÉSICA

Sustancia químicamente inactiva fig. (4) no ha mostrado ser eficaz en la remoción eficiente de detritos, bacterias, y por el contrario contribuyen a la formación de barrillo dentinario posiblemente contaminado. De igual manera, aparte de una acción de lavado, no ofrece ningún beneficio durante la irrigación, aunque por medio de la acción hipotónica de estas soluciones, pueden lisar bacterias sin paredes celulares, sin embargo, las bacterias encontradas en los conductos radiculares típicamente tienen paredes celulares (Buck R. *et. al.*, 2001)(10).



Figura (4). Solución anestésica. Tomada de iztacala, UNAM.

PERÓXIDO DE HIDRÓGENO (H₂O₂)

Es un ácido débil, con propiedades desinfectantes Fig. (5). En endodoncia generalmente se utiliza al 3%. Su mecanismo de acción se debe a la efervescencia que produce, ya que la liberación de oxígeno destruye los microorganismos anaerobios estrictos, y el burbujeo de la solución, cuando entra en contacto con los tejidos y ciertas sustancias químicas, expulsa restos tisulares fuera del conducto. Su mejor efecto antibacterial lo demuestra en concentraciones 1/10, muestra habilidad en el desalojo de tejido pulpar necrótico y detritos dentinales cuando la solución se deja en contacto íntimo con las paredes del conducto radicular. El mayor efecto antibacterial del peróxido de hidrógeno es atribuido a su acción oxidativa (Ohara PK. *et. al.*, 1993)(58), ya que la reacción de iones superoxidantes, que producen radicales hidroxilos, ataca la membrana lipídica, ADN y otros componentes celulares. Su acción antimicrobiana consiste en el resultado de la oxidación de los grupos sulfidrilos y dobles cadenas en proteínas, lípidos, y superficies de membrana (Heling I. *et. al.*,1998)(37).



Figura (5). Peróxido de hidrogeno.
Tomada de taringa net.

De igual manera se utiliza el peróxido de hidrógeno junto con el hipoclorito de sodio. Cuando se irriga en un conducto lleno de hipoclorito de sodio, se produce una efervescencia en la que los dos productos químicos liberan oxígeno y causan una fuerte agitación de los contenidos del conducto. Las burbujas de oxígeno se elevan hasta la apertura de acceso, llevando consigo los detritos sueltos. Ambos productos químicos producen la disolución de algunos tejidos y la destrucción bacteriana (Cohen B. 1999)(13).

ENZIMAS

Llamadas también fármacos proteolíticos o fibrinolíticos, son enzimas de diversos orígenes que tienen la acción farmacológica común de favorecer la eliminación de los exudados purulentos, disminuir la viscosidad de los edemas, facilitar la llegada de los antibióticos y mejorar la evolución del trastorno inflamatorio. Las más conocidas son la tripsina y quimiotripsina, las cuales aceleran la cicatrización por lisis de los tejidos necrosados, al mismo tiempo que respetan los vivos. La tripsina (fig.6), actúa separando los aminoácidos alifáticos: lisina, arginina e histidina; mientras que la quimiotripsina separa los de la serie aromática: tirosina, triptófano, fenilalanina (Lasala A.1992)(46).



Figura (6). Solución Tripsina.
Tomada de alibaba.com.

Otras enzimas son la estreptoquinasa y estreptodornasa, las cuales son obtenidas de los cultivos de ciertas cepas de estreptococos. Aunque ambas enzimas son proteolíticas, la estreptoquinasa actúa especialmente como fibrinolítico de manera indirecta, activando el plasminógeno normal en la sangre y transformándolo en plasmina, que a su vez provocaría la fibrinólisis. La estreptodornasa actúa sobre el ácido desoxirribonucleico y la desoxirribonucleo-proteína (componentes principales de los exudados purulentos) y logra una licuefacción de los exudados espesos y viscosos que se transformarían en líquidos más fluidos (Lasala A.1992)(46).

Ambas enzimas pueden ser utilizadas para remover coágulos, exudados fibrinosos y purulentos de procesos inflamatorios, y así facilitar la acción de agentes antimicrobianos, y mejorar la reparación de los tejidos. Más no actúan sobre tejidos vivos (Lasala A.1992)(46).

ÁCIDOS

Muchos ácidos han sido empleados durante la irrigación de los conductos radiculares como son: el A. Sulfúrico al 40%; el A. Fosfórico y láctico al 50%; A. Clorhídrico al 30%. El más utilizado y estudiado ha sido el ácido cítrico en concentraciones de 6-50%. Este ácido es un agente quelante que reacciona con los iones metales para formar un quelato soluble no iónico. Algunos estudios han demostrado propiedades antimicrobianas del ácido cítrico en concentraciones de 0.5, 1 y 2M, especialmente contra anaerobios facultativos y obligados. La principal desventaja de esta solución es su bajo pH, por lo que lo hace biológicamente menos aceptable que su análogo: el EDTA Fig. (7) (Masataka Y. *et. al.*, 1996)(54).



Figura (7). El ácido etilendiaminotetraacético EDTA 18%. Tomada de VAMASA.com.

El ácido cítrico es efectivo en la remoción del barro dentinario en concentraciones de 10, 25 y 50%. El uso como irrigante se basa en dos observaciones, primero, por su bajo pH, este actúa como agente quelante sobre la dentina, y segundo porque éste ocurre naturalmente en el cuerpo, lo cual lo hace más biológicamente aceptable que otros ácidos. Aunque demuestra efectividad antibacterial no justifica su uso como irrigante solamente durante la preparación químico-mecánica; éste puede ser utilizado en combinación con el hipoclorito de sodio, ya que puede resultar en la eliminación de microorganismos y al mismo tiempo en la disolución de remanente orgánico y del barro dentinario, pero el EDTA lo supera en estos casos al ser una sustancia más biocompatible y de comparable acción (Georgopoulou E. *et. al.*, 1994)(32).

ÁLCALIS

En este grupo se encuentra básicamente al hidróxido de calcio Fig. (8) (lechada de cal): $\text{Ca}(\text{OH})_2$, el cual ha sido sugerido como un solvente de tejido. Éste ha sido usado como irrigante y también como un agente alterador de tejido in vitro. El $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ha sido usado solo o en conjunto con el hipoclorito de sodio, lo cual muestra un marcado efecto de solubilización. Sin embargo el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ muestra

que su acción es de forma lenta, y la degradación de tejido conectivo incompleta (Yang S. *et. al.*, 1996)(84).



Figura (8). Hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$
(leche de cal). Tomada de denteco.com.gt.

La habilidad del medicamento de disolver y difundirse a través del conducto radicular puede verse como esencial para su acción exitosa. Una suspensión acuosa saturada de hidróxido de calcio posee un alto pH, el cual tiene un gran potencial citotóxico. Sin embargo esta sustancia debe su biocompatibilidad a su baja solubilidad en el agua y difusibilidad. Por estas propiedades la citotoxicidad está limitada al tejido que esté en contacto con el hidróxido de calcio. Por otro lado, la baja solubilidad y difusibilidad de esta sustancia puede dificultar el rápido incremento en el pH para eliminar las bacterias localizadas dentro de los túbulos dentinales y áreas de difícil acceso. Además la habilidad buffer del tejido controla los cambios de pH. Por estos factores el hidróxido de calcio es un antiséptico de acción lenta. La prolongada exposición puede llevar a la saturación de la dentina y tejido remanente. Teóricamente el uso a largo plazo del hidróxido de calcio puede ser necesario para obtener un conducto libre de bacterias. Sin embargo el

uso de rutina de un medicamento intraconducto por largos períodos de tiempo no es aceptable en la endodoncia moderna (Siqueira J. *et. al.*, 1999)(69).

AGENTES ANTIMICROBIANOS

En este grupo se encuentra básicamente a la clorhexidina Fig. (9), la cual es un antiséptico bisbiguanídico de molécula simétrica compuesta de dos anillos clorofenólicos, y dos grupos de biguanida conectados por un puente central de hexametileno. Este compuesto es una base fuerte y dicatiónica a niveles de pH de más de 3.5, con dos cargas positivas en cada extremo del puente de hexametileno. La naturaleza dicatiónica de la clorhexidina la hace extremadamente interactiva con los aniones, lo cual es relevante para su eficacia, seguridad y efectos secundarios locales. Esta solución puede aparecer como digluconato, gluconato o acetato de clorhexidina, sin que parezcan existir diferencias en cuanto al mecanismo de acción en sus diferentes formas químicas, aunque sí se han encontrado en su concentración (Masataka Y. *et. al.*, 1996; White R. *et. al.*, 1997)(54,84). Las características claves en relación con la muerte de bacterias por parte de la acción de la clorhexidina se resumen básicamente en tres mecanismos:

1. Absorción. La solución se absorbe a la célula debido a la carga negativa de la pared celular bacteriana. La cantidad absorbida depende de la concentración utilizada, luego a mayor concentración mayor acción sobre los microorganismos (Yesilsoy C. *et. al.*, 1995)(85).
2. Daño de las barreras de permeabilidad en la pared celular. La absorción conduce a una alteración de la movilidad electroforética y del intercambio iónico, originando trastornos metabólicos de las bacterias (Masataka Y. *et. al.*, 1996)(54).

3. Precipitación proteica en el citoplasma bacteriano. La sustancia después de actuar sobre los componentes de la membrana bacteriana puede ocasionar y facilitar una disociación de los componentes intracelulares, logrando una precipitación e inactivando sus procesos reproductivos y vitales (Masataka Y. *et. al.*, 1996; White R. *et. al.*, 1997)(54,83).



Figura (9). Clorhexidina 2%. Tomada de posgrado de endodoncia. com.

Como irrigante endodóntico es utilizado al 0.12% o 2%, demostrando propiedades antibacterianas como el hipoclorito de sodio, pero a diferencia de éste continúa su liberación por un período de 48 a 72 horas posterior a la instrumentación (Yang S., Rivalal E. 1996)(84). Si es utilizado al 0.2% causa mínima toxicidad al tejido, sin embargo éste no disuelve el tejido pulpar. Aunque su prolongada presencia dentro de un conducto puede ayudar a la acción antibacterial (Baumgarther J. 1987)(5).

La clorhexidina puede ser usada como una alternativa en la irrigación durante la terapia endodóntica. Sus excelentes propiedades antibacterianas indican que puede ser un buen sustituto irrigación en tales dientes con hipoclorito de sodio puede generarse una extrusión de la solución más allá del ápice y causar una inflamación periapical excesiva, que en similares condiciones la clorhexidina puede ser inocua (Jeansonne M. *et. al.*, 1994)(42).

HIPOCLORITO DE SODIO

El NaOCl es aún el irrigante más utilizado en la endodoncia moderna por sus propiedades antibacterianas, lubricativas, y disolvente de tejido (Piskin B., Türkün M., 1995)(60). El hipoclorito de sodio (fig. 10) es una sal formada de la unión de dos compuestos químicos, el ácido hipocloroso y el hidróxido de sodio, que presenta como características principales sus propiedades oxidantes.



Figura (10). Hipoclorito de sodio uso endodóntico.
Tomada de iorifanO.tripod.com.

El hipoclorito de sodio es hipertónico (2800mOsmol/Kg) y muy alcalino (pH= 11.5 a 11.7). La actividad solvente, y las propiedades antimicrobianas son debidas a:

- a) La habilidad del hipoclorito de sodio de oxidar e hidrolizar las proteínas celulares.
- b) La liberación de cloro, para formar ácido hipocloroso.
- c) A largo plazo, su habilidad osmóticamente de extraer líquidos fuera de las células (Johnson B. *et. al.*, 1993)(44).

La fórmula química de este compuesto es la siguiente:



El NaOCl ejerce su acción antibacteriana por medio del contacto directo con el microorganismo o por vaporización. No se ha demostrado experimentalmente como destruye exactamente el microorganismo, pero la eficacia en la desinfección depende de la concentración del ácido hipocloroso (HClO) no disociado en solución. El HClO ejerce su efecto germicida por medio de una acción oxidativa en el grupo sulfidril de las enzimas de las bacterias, estas enzimas esenciales son inhibidas y posteriormente se va a presentar un rompimiento de las reacciones metabólicas, dando como resultado la muerte celular de las bacterias (Gomes B, *et. al.*, en 2001)(34). Una característica del NaOCl es que tiene un pH de aproximadamente 10 – 12, por su pH alcalino neutraliza la acidez del medio evitando el desarrollo bacteriano (Hauman C., Love R., 2003)(36).

MECANISMO DE ACCIÓN

Su uso en clínica es generalizado en concentraciones que van desde 0.5% hasta el 5.25%. El proceso químico por el cual el NaOCl realiza su acción antimicrobiana ocurre cuando entra en contacto con las proteínas tisulares, haciendo que se formen hidrógeno, formaldehído y acetaldehído. Las cadenas peptídicas se rompen para disolver las proteínas; en este proceso el hidrógeno es sustituido por el cloro con formación de cloramina, que interviene directamente como antimicrobiano, ya que interfiere en la acción oxidativa celular con inactivación enzimática irreversible en la degradación de lípidos y ácidos grasos; de este modo se disuelve el tejido necrótico y el NaOCl penetra y limpia mejor las áreas infectadas (Drake DR., 1994)(22).

Grossman y Meiman 1941, reportaron el efecto positivo de la solución de hipoclorito de sodio sobre la disolución de tejido pulpar remanente: al dejar una pulpa recién extraída en un vaso dappen lleno con esta solución al 5.25%, fue posible observar su disolución al cabo de 20 a 30 minutos (Cohen S., Burns RC., 1999; Seltzer S., 1988)(13,65).

La eficacia en la disolución de tejidos del hipoclorito de sodio se ve influenciada por la integridad estructural de los componentes del tejido conjuntivo de la pulpa, de manera que si la pulpa está descompuesta, los restos tisulares se disuelven rápidamente, mientras que si la pulpa está vital y hay poca degradación estructural, el hipoclorito necesita más tiempo para disolver este tejido (Cohen S., Burns RC. 1999)(13).

Esta propiedad de disolución de tejidos es particularmente importante en aquellas zonas del conducto que quedan sin instrumentar. un estudio mediante el MEB demostrado que el NaOCl actúa disolviendo tejido orgánico (predentina), observándose claramente los calcosferitos, pues son áreas a las que no llegó la instrumentación mecánica, pero que si fueron alcanzadas por el agente irrigante fig. (11) (Mader C. *et. al.*, 1984)(53).

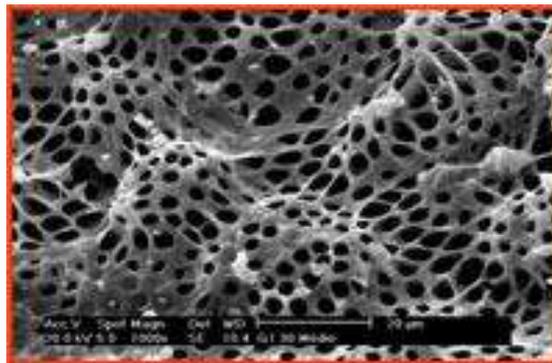


Figura (11). En zonas del conducto no instrumentadas, el hipoclorito de sodio puede exponer los calcosferitos, debido a su capacidad de disolución del tejido pulpar. Tomado de Teixeira C, Felipe M, Felipe W. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: a SEM analysis. *Int Endod J.*2005;38:285-290.

EFECTO ANTIBACTERIAL

El efecto antibacterial del hipoclorito de sodio se debe a la formación de ácido hipocloroso, una vez que la sustancia entra en contacto con el tejido orgánico. El ácido hipocloroso ejerce su efecto por oxidación irreversible e hidrólisis de los grupos sulfhidrilos de enzimas bacterianas esenciales, lo que provoca disrupción de importantes reacciones metabólicas y genera la muerte de la bacteria por salida del fluido intracelular (ósmosis), dada la hipertonicidad de la solución (Hauman CHJ., Love RM., 2003; Estrela C. *et. al.*, 2002; Ohara P. *et. al.*, 1993)(37,28,59). Igualmente se ha demostrado que el pH alcalino del hipoclorito de sodio neutraliza la acidez del medio y por lo tanto crea un ambiente inadecuado para el desarrollo bacteriano (Hauman CHJ., Love RM., 2003; Hülsmann M., Hahn W., 2000)(37,39), contrario a esto algunos autores consideran que esta propiedad añade un componente tóxico a la solución (Cohen S., Burns RC., 1999)(13).

El alto pH (iones hidroxilo) del NaOCl tiene relevancia en la eficacia antimicrobiana de éste, pues ocasiona peroxidación lipídica y daño a la membrana celular bacteriana (degradando los fosfolípidos de membrana), la cual ejerce roles esenciales en el metabolismo, transporte de iones, crecimiento y división celular, resultando en daño estructural y funcional de los microorganismos (Estrela C. *et. al.*, 2002)(28).

El hipoclorito de sodio reacciona con los residuos orgánicos en el conducto radicular y de esta forma facilita su limpieza, pero se ha podido observar que éste contacto “consume” el cloro disponible, lo cual va inactivando químicamente al NaOCl y reduce entonces su capacidad antibacteriana. De ahí que la irrigación debe ser profusa para permitir un recambio constante, esto es, una solución fresca de NaOCl debe ser aplicada frecuentemente dentro del conducto radicular para reactivar la reacción química y la remoción de los detritos (Siqueira JF. *et. al.*,

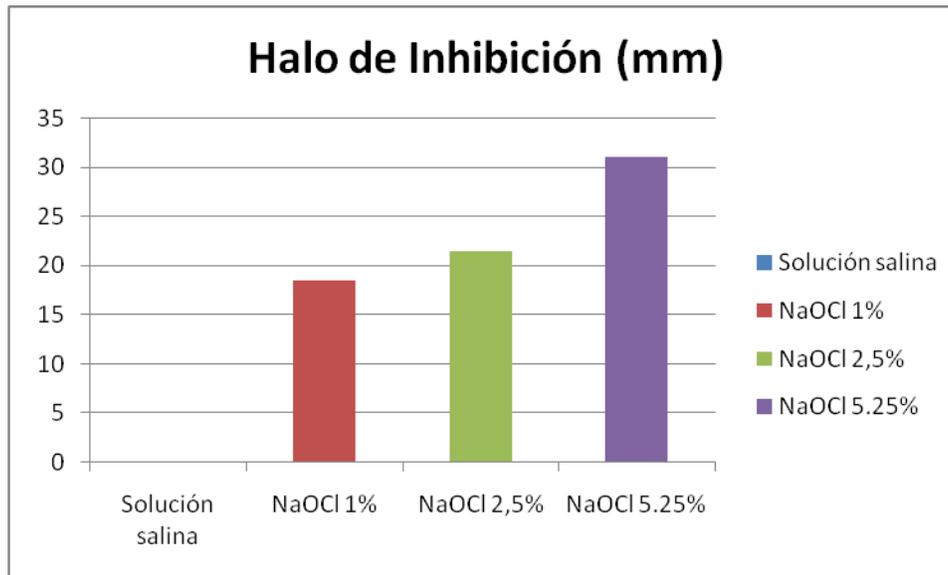
2000; Zehnder M., 2006; Bystrom A. *et. al.*, 1983; Berutti E., Marini R. A., 1996)(69,87,11,7).

Las concentraciones clínicas disponibles varían entre el 0.5% al 12%, pero a medida que la dilución es menor, disminuye de manera significativa la propiedad antibacteriana, la propiedad de disolución del tejido y la propiedad de debridamiento del conducto, al igual que disminuye su toxicidad (Siqueira JF. *et. al.*, 2000)(69).

Siqueira JF. y cols., 2000, compararon los efectos antibacterianos en cepas *E. faecalis*, producidos con la irrigación con hipoclorito de sodio al 1%, 2.5% y 5.25%, concluyendo que los cambios regulares y el uso de grandes cantidades del irrigante deben mantener la efectividad antibacteriana del hipoclorito de sodio, compensando los efectos de concentración en las soluciones menos concentradas (1 y 2,5%). Sin embargo este estudio *in vitro* demostró que el hipoclorito de sodio al 5,25% fue el más efectivo, pues al analizar los efectos inhibitorios de las diferentes concentraciones (mediante test de difusión de agar), la solución al 5,25% produjo las mayores zonas o halos de inhibición (Siqueira JF. *et. al.*, 2000)(69). (Tabla 1).

Solución Irrigadora	Halo de Inhibición (mm)
Solución salina	0
NaOCl 1%	18.5
NaOCl 2,5%	21.5
NaOCl 5.25%	31

Tabla 1. Diámetro promedio de las zonas de inhibición producido por los irrigantes sobre el *E. faecalis*. Tomado de Siqueira JF, Rôças IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2,5% and 5,25% sodium hypochlorite. J Endod 2000; 26(6):331-4.



Grafica 1. Diámetro promedio de las zonas de inhibición producido por los irrigantes sobre el *E. faecalis*.

de tal manera que el efecto antibacteriano del NaOCl depende del tiempo, la aplicación extendida o concentraciones altas requeridas para alcanzar un pleno efecto bactericida (Estrela C. *et. al.*, 2002)(28).

Contrario a esto algunos autores señalan que la reducción de la carga bacteriana no es significativamente mayor con NaOCl al 5% respecto a soluciones menos concentradas como al 0,5% (Cveck M. *et. al.*, 1976; Bystrom A. *et. al.*, 1983)(20,11). La irrigación profusa permite que NaOCl fresco penetre constantemente a través del sistema de conductos, por lo que se ha sugerido que la concentración no tendría un papel decisivo. Las áreas que no son debridadas por la preparación quimiomecánica, obedece más a la incapacidad de las soluciones irrigadoras para físicamente alcanzar estas áreas, que a la concentración de las soluciones (Zehnder M., 2006)(87).

Walton RE., recomienda diluir el hipoclorito de sodio al 5.25% en partes iguales con agua para obtener una solución de 2.5%, afirmando que ésta es tan eficaz como la solución a toda su capacidad, pero más segura y más agradable para usar (Walton RE., Torabinejad M., 1997)(81).

Al estudiar la efectividad del hipoclorito al 4%, con tres métodos diferentes de irrigación (agitación por medio de limas manuales, agitación con ultrasonido y alternando el hipoclorito con peróxido de hidrógeno), fue posible observar que esta concentración no es totalmente eficaz en la eliminación del *Enterococcus faecalis*. Dando como resultado que los efectos antibacteriales dependen más de la solución de NaOCl utilizada, que del método de irrigación empleado (Bystrom A., Sundqvist G., 1983)(11), La activación ultrasónica del NaOCl ha dado resultados no concluyentes tanto en términos de limpieza como de reducción de la carga bacteriana, aunque hay que considerar que la energía ultrasónica resulta en elevación térmica, lo que podría volver ligeramente más activo al NaOCl (Zehnder M., 2006)(87).

El hipoclorito de sodio tiene acción bactericida sobre diferentes especies bacterianas como microaerófilos, aerobios y anaerobios facultativos y anaerobios estrictos, y gracias a su eficacia sobre la disolución de tejidos y alto poder proteolítico se convierte en el irrigante de elección (Siqueira JF., 2000)(69). Sin embargo se ha reportado que su efectividad bactericida depende también del tipo de bacterias contenidas dentro de los túbulos dentinarios (Buck R. *et. al.*, 1999)(9).

Así lo demuestra Giardino L. y cols., 2007. quienes compararon el efecto antimicrobiano del hipoclorito de sodio al 5.25%, Biopure MTAD® y Tetraclean® sobre biopelículas formadas por *E. faecalis* generadas en filtros de membranas de nitrato celuloso. Los tiempos de evaluación fueron a los 5, 30 y 60 minutos. Los resultados señalan que el hipoclorito de sodio al 5.25% fue el único irrigante probado capaz de remover la biopelícula luego de 5 minutos de exposición, mientras que el Tetraclean® lo hizo a los 60 minutos. El MTAD Biopure® no pudo remover la biopelícula en ninguno de los tiempos evaluados. Estos autores afirman que el Tetraclean® mostró mejor acción antibacteriana comparado con el Biopure MTAD®, pero el objetivo de la remoción total de la biopelícula se consiguió sólo luego de 30 o 60 minutos de irrigación, lo cual es considerado un tiempo prolongado durante la terapia endodóntica(Giardino L. *et. al.*, 2007)(34).

El hipoclorito de sodio penetra a todas las concavidades del conducto radicular, debido a su baja tensión superficial, al mismo tiempo que crea las condiciones para la mayor eficacia del sellado tridimensional del conducto y permite la eficacia de los medicamentos intraconductos en caso de ser necesaria su utilización (Leonardo MR., 2006)(49).

EFEECTO DE LA TEMPERATURA

Al aplicar calor al hipoclorito de sodio se produce un aumento del cinetismo molecular, por lo que las moléculas contactarán más rápido y se producirá la desintegración del tejido sobre el que actúa en un tiempo menor; además la

elevación térmica produce una disminución de la tensión superficial, favoreciendo la penetración del NaOCl hacia los túbulos dentinarios y diversas irregularidades del sistema de conducto. Este aumento de la temperatura tiene un efecto positivo sobre la acción disolvente del NaOCl: temperaturas de 35,5°C provocan el aumento del poder de disolución sobre los tejidos necróticos mientras que en los tejidos vitales este efecto se obtiene a 60°C y 5,25% de concentración (D'Arcangelo C. *et. al.*, 1999 ; Cunningham WT., Joseph SV., 1980 ; Cunnigham WT., Balekjian AY., 1980)(21,16,19). Esto puede tener relación con el incremento en la cantidad de cloro disponible que genera la elevación térmica (Zehnder M., 2006 ; Fraiss S. *et. al.*, 2001; Cunningham WT., Joseph SV., 1980)(87,30,19).

Se ha demostrado que el NaOCl al 5.25% y 2.6% son igualmente eficaces en la disolución de colágeno a una temperatura de 37°C, sin embargo a temperatura ambiente (21°C), la solución al 2.6% resulta menos eficaz. El calentamiento de la solución aumenta también el efecto bactericida, pero se debe tener cuidado al calentarla, ya que permanece estable por no más de 4 horas antes de degradarse, de manera que se recomienda no recalentar la solución. Se recomienda igualmente tener precaución con la temperatura de calentamiento del hipoclorito de sodio, ya que no se conoce el daño que puede causar a los tejidos periapicales si la misma pasa de manera inadvertida hacia estos tejidos (Walton RE., Torabinejad M., 1997 ; Cunningham WT., Joseph SV., 1980 ; Cunnigham WT., Balekjian AY., 1980 ; Gambarini G. *et. al.*, 1998)(81,19,16,31).

Estudios demuestran que al emplear NaOCl a 50 °C, el barrillo dentinario es menos delgado y desorganizado al compararlo con una temperatura de 21 °C, permitiendo entonces que el NaOCl actúe de una mejor forma y tenga mayor penetración en el sistema de conductos radiculares, así como en los túbulos dentinales, lo que proporciona una ventaja para la acción bactericida y solvente del irrigante (Berutti E., Marini R., 1996)(7).

FACTORES QUE AFECTAN LAS PROPIEDADES DEL NaOCl.

Al aplicar calor a una solución se aumenta la energía cinética de las moléculas, las cuales contactarán más rápido y producirán la desintegración de las superficies que contacten en un tiempo menor. Por lo tanto el aumento de temperatura tiene un efecto positivo sobre la acción disolvente del NaOCl (Gambarini G., 1998)(31).

El contenido de cloro de las soluciones tiende a disminuir después que los envases sean abiertos, por lo que se recomienda el uso de soluciones frescas, igualmente refieren que los envases más recomendados son los de ámbar, seguidos de los de plástico opaco, verde y por último blanco (Sabala C. *et. al.*, 1989)(65).

VENTAJAS.

Los beneficios que proporciona el hipoclorito de sodio como irrigante durante la terapia endodóntica son: efectivo para eliminar el tejido vital y no vital, con un amplio efecto antibacteriano, destruyendo bacterias, hongos, esporas y virus, (Leonardo MR., FILHO MT., 1999)(50), es excelente lubricante y blanqueador, favoreciendo la acción de los instrumentos, posee una tensión superficial baja, vida media de almacenamiento prolongada, y es poco costoso (Sabala C. *et. al.*, 1989)(65), En algunos estudios se ha demostrado que la capacidad de penetración de este irrigante en los túbulos dentinales depende directamente de la concentración utilizada. En general el íntimo contacto de la solución con las paredes dentinales del conducto depende de la humectabilidad de la solución sobre la dentina sólida. Esta humectabilidad depende de su tensión superficial, la cual es definida como una fuerza entre las moléculas que produce una tendencia del área de superficie de un líquido a disminuir. Esta fuerza tiende a inhibir la difusión de un líquido sobre una superficie o a limitar su habilidad de penetrar a un tubo capilar. Por lo tanto la baja tensión superficial del hipoclorito permite su

penetración a zonas de difícil acceso, como conductos laterales y túbulos dentinales (Tasman F. *et. al.*, 2000)(75).

DESVENTAJAS.

Es un agente irritante, citotóxico para el tejido periapical (Sabala C. *et. al.*, 1989)(65), el sabor es inaceptable por los pacientes, y por sí solo no remueve el barro dentinario, ya que sólo actúa sobre la materia orgánica de la pulpa y la predentina (Di lenarda R. *et. al.*, 2000)(22).

Se ha reportado que factores como el aire, la luz, la temperatura, los metales y los contaminantes orgánicos afectan la eficacia de la solución (Vahdaty T. *et. al.*, 1993)(78).

TÉCNICA DE IRRIGACIÓN

La frecuencia de irrigación y volumen del irrigante son factores importantes en la remoción de detritos. La frecuencia de irrigación debe aumentar a medida que la preparación se acerca a la constricción apical. Un volumen apropiado del irrigante es de por lo menos 1 a 2ml cada vez que el conducto se irriga y se recomienda irrigar el conducto cada vez que se acabe de trabajar con un grosor de lima. En cuanto a las agujas, lo más importante es el calibre, que debe ser pequeño, se prefiere una aguja calibre 27, que posee el potencial de penetrar con mayor profundidad en el conducto, al igual no debe quedar ajustada dentro de las paredes de éste, debe aplicarse un movimiento de bombeo reduciendo al mínimo el peligro de impulsar el irrigante a los tejidos periapicales. La aguja debe penetrar hasta el tercio apical del conducto y luego retirarla 2mm, para poder lograr una buena irrigación hacia el tercio coronal y evitar así una sobreirrigación (Harrison JW. 1984)(36). Idealmente durante la preparación del conducto ésta debe realizarse en presencia de humedad, esto evita un funcionamiento inadecuado del

instrumento y el riesgo de crear un tope dentinal apical fig. (12) (Druttman AC. *et. al.*, 1989)(24).

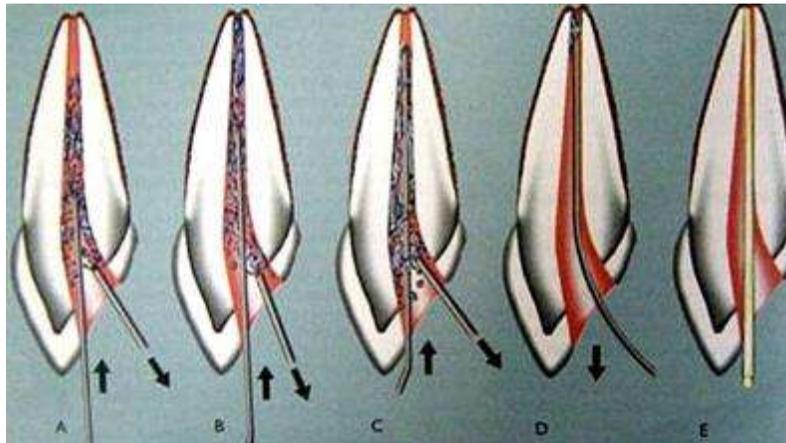


Figura (12). Pasos de una correcta irrigación de conductos. Tomada de Goldberg F. Endodoncia Técnica y fundamentos.2002.

En estudios realizados se ha encontrado que la temperatura tiene relación con la disolución de los tejidos y las propiedades antimicrobianas del NaOCl, ya que al aumentar la temperatura de este a 35.5°C se aumenta el poder de disolver tejido necrótico en ratas. En el estudio de Gambarini, donde se tenían botellas de hipoclorito a temperatura ambiente (20°C) las cuales se calentaban cada 12 horas durante 30 minutos a 50°C con el fin de medir el contenido de cloro remanente, pH, y densidad a los 3,7,14,21 y 30 días; se encontró que no hubo efecto adverso en la estabilidad química de la solución después de 30 días ya que el pH se mantuvo con una disminución mínima, la densidad no aumentó significativamente y la disminución de cloro en la solución fue baja. Estos hallazgos nos demuestran que al calentar el NaOCl no se pierde la buena estabilidad química, manteniendo las capacidades antimicrobianas y de disolución de tejido, ya que al aumentar la temperatura se logra una disminución en la tensión superficial de NaOCl permite

que éste tenga mayor penetración en los tejidos (Fig.13) (Gambarini G., De Luca M., 1998)(31).

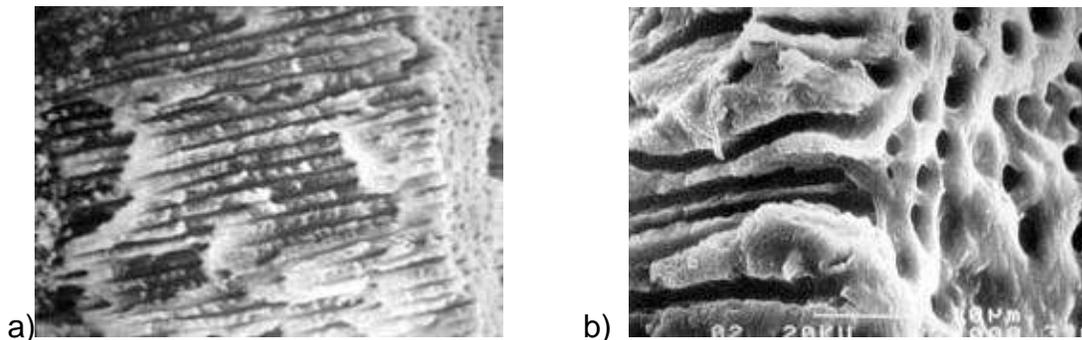


Figura (13). A. SEM fotografía que muestra dos canales laterales y túbulos irrigados con NaOCl libre de detritos. B. SEM fotografía que muestra conductos irrigados con NaOCl caliente, donde se observa mayor limpieza. Tomada de Cohen S. Path ways of the pulp. 8 edición.2002.

Teniendo presentes los resultados obtenidos en las investigaciones sabemos que es necesario utilizar un instrumento que nos permita incrementar el aumento de la temperatura del NaOCl, ya que así aumenta el efecto bactericida, la capacidad disolutoria del tejido y mejora el desbridamiento sin afectar la estabilidad química de la solución, el ultrasonido cuenta con las propiedades que nos interesan en el campo de la endodoncia ya que al generar calor; produce un efecto sinérgico que potencia la acción biológica del irrigante dentro del conducto radicular (Cameron J., 1987)(12).

ULTRASONIDO

El ultrasonido (fig. 14) es una forma de energía sónica que se transmite en forma de un patrón de ondas elásticas que tiene la propiedad de propagarse a través de distintos medios: sólidos, líquidos y gaseosos. El ultrasonido se aplica en distintas áreas, como la investigación, la industria y la medicina. El uso del

ultrasonido en Odontología comienza a mediados del siglo pasado, y en la actualidad su uso tiene gran importancia especialmente en el área de Periodoncia y Endodoncia. El uso del ultrasonido en Endodoncia, se basa en los distintos fenómenos que se producen durante la aplicación de éste dentro del conducto radicular. Estos fenómenos: oscilación, cavitación, microcorriente acústica y generación de calor, van a producir efectos sobre la estructuras dentarias, especialmente sobre la dentina y la capa de barrillo dentinario, así como la potenciación de efectos antimicrobianos al utilizarse en combinación con soluciones irrigantes. El uso del ultrasonido en la terapéutica endodóntica abarca desde la eliminación de restauraciones para acceder al sistema de conductos, eliminación de obstrucciones como instrumentos fracturados y calcificaciones, la preparación biomecánica, irrigación ultrasónica y obturación del sistema de conductos, así como en la cirugía endodóntica (Enrique J. Padrón 1998)(27).



Figura (14). Escarificador Ultrasónico Multi Función. El Varios 350. Tomada de promosadental.com.

El empleo de dispositivos ultrasónicos en la especialidad de Endodoncia, surge en el año 1957 cuando Richman desarrolla un dispositivo ultrasónico para la preparación de conductos radiculares, siendo el primero en utilizarlo en endodoncia. Posteriormente Martin en el año 1976 demuestra la efectividad de la aplicación del ultrasonido en la limpieza y desinfección del sistema de conductos,

surgiendo la endosónica o la terapéutica endodóntica con la utilización de dispositivos sónicos o ultrasónicos. El objetivo de este trabajo será el de describir los efectos producidos por el ultrasonidos en el conducto radicular y su aplicación en la terapéutica endodóntica (Enrique J. Padrón 1998)(27).

Martin H., Cunningham W., 1976(54), desarrollaron un dispositivo ultrasónico, el cual comercializaron con el nombre de Caviendo (Caulk/ Dentsplay, EUA), el cual consistía en un dispositivo magnetoestrictivo, que generaba una potencia de 25-30 KHz, y que incluía un receptáculo integrado donde se colocaba la solución irrigante. Estos autores también proponen el término Endosónico, el cual lo definen como la síntesis de acciones ultrasónicas, biológicas, químicas y físicas, que actúan por separado, pero que interactúan entre sí en forma sinérgica.

PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y BIOLÓGICAS DEL ULTRASONIDO EN EL CONDUCTO RADICULAR

Las propiedades del ultrasonido que presentan interés en el campo de la endodoncia son: la producción de movimiento oscilatorio del instrumento, la cavitación, la microcorriente acústica y la generación de calor; así como la combinación de estas propiedades con la irrigación, que genera un efecto sinérgico que potencia la acción biológica del irrigante dentro del conducto radicular (Min M. *et. al.*, 1997; Martin H., Cunningham W. 1984)(57,54).

Movimiento oscilatorio

El dispositivo de ultrasonidos va a generar energía acústica que al ser transmitida al instrumento va a causar que éste vibre con un movimiento oscilatorio característico, que va a depender de la frecuencia de la vibración. Generalmente esta frecuencia va a oscilar en un rango de 20 a 50 KHz. en los dispositivos

ultrasónicos y de 2 a 6 Khz. en los dispositivos sónicos (Ingle J. *et. al.*, 1996)(42). El diseño del instrumento va a influir en el tipo de movimiento oscilatorio que éste presente al activarse. En el caso de estar en un mismo plano con respecto al eje de inserción a la fuente de poder, el instrumento presenta un patrón de oscilación longitudinal, teniendo una mayor amplitud de desplazamiento en la punta, que va a disminuir progresivamente hacia el mango.

Generalmente el diseño de los instrumentos ultrasónicos para endodoncia, van a tener una angulación de 60 a 90° con respecto a su eje de inserción, lo que va a ocasionar que durante su activación, el patrón de vibración generado se produzca en forma transversal en vez de longitudinal. Este tipo de oscilación va a estructurarse en un característico patrón de nodos, puntos donde se producen una mínima o ninguna oscilación y antinodos, o segmentos del instrumento donde se produce una máxima oscilación o desplazamiento. Éste patrón de oscilación va a depender de la frecuencia, del diseño y tipo de instrumento (Walmsley A., 1987)(95). Diferentes tipos de oscilación vistos en el aire con algunas limas (A) ultrasónicas y (B) sónicas. a=antinodo, n= nodo (Lunley A. *et. al.*, 1991)(52).

Cavitación

La cavitación se define como la formación de vacíos submicroscópicos, como resultado de vibrar un medio fluido por el movimiento alternante de alta frecuencia de la punta de un instrumento. Cuando estos vacíos hacen implosión, se crean ondas de choque que se propagan a través del medio y producen liberación de energía en forma de calor (American Association of endodontist. 1998)(3).

Cuando un objeto vibrante es inmerso en un fluido las oscilaciones son transmitidas a éste, lo que produce que haya un incremento local (compresión) y una reducción (rarefacción) en la presión del fluido. Durante la fase de rarefacción, a una cierta amplitud de presión el líquido puede colapsar debido a la tensión

acústica, y formar burbujas de cavitación. Durante la próxima fase de compresión, éstas burbujas colapsan por implosión, produciendo altas temperaturas y presiones dentro de los gases contenidos en las burbujas, lo que resulta en la generación de radicales libres y la generación de ondas de choque asociadas al colapso de las burbujas (Ahmad M. *et. al.*, 1987)(1). Durante la aplicación de una lima ultrasónica dentro del conducto radicular, el irrigante va a circular por todo alrededor de la lima, debido a que las ondas acústicas van a impulsar a la solución a circular en todas las dimensiones del sistema de conductos. Éste flujo de irrigante acompañado por el movimiento oscilatorio de la lima va a permitir la generación del efecto de cavitación, resultando en la limpieza y el desalojo de los detritos de la superficie de las paredes del conducto. La cavitación produce la remoción efectiva de todo residuo orgánico, emulsión y degradación de las proteínas necróticas remanentes y crea un efecto de succión del material orgánico suspendido en el irrigante hacia la corriente principal del movimiento de irrigación permitiendo así su desalojo (Walmsley A., 1987)(80).

Según Nyborg y Willians citados por Walsmley en 1989(80), de acuerdo a la frecuencia de oscilación de la energía acústica, la cavitación puede variar de una forma estable, donde las burbujas vibran sin fragmentarse, hasta una forma transitoria, donde existe una rápida formación y colapso de las burbujas generando calor y campos vibratorios hidrodinámicos. Éstos campos pueden ocasionar una ruptura electrolítica de la molécula de agua, generando radicales libres (H y OH) que podrían producir productos intermedios como el peróxido de hidrógeno (H₂O₂), que podrían resultar en un riesgo biológico al reaccionar con los tejidos vivos, así como también producir algún efecto antimicrobiano.

La combinación del efecto del ultrasonido con el líquido irrigante va a producir que las ondas de choque producidas por el fenómeno de cavitación viajen a través del líquido, pero no tienen la capacidad de remover la capa de desecho dentinario de las paredes del conducto radicular por sí misma. La energía ultrasónica potencia la

acción biológica de la solución irrigante e incrementa su efecto de limpieza sobre las paredes del conducto radicular (Cameron J., 1987)(12).

Microcorriente acústica

La microcorriente acústica es la circulación de un fluido, inducida por las fuerzas creadas por la vibración hidrodinámica, en vecindad a un pequeño objeto vibratorio, como una lima endodóntica activada por ultrasonido (American Association of endodontist., 1998)(3). Cuando un objeto oscilante con una baja amplitud de desplazamiento es sumergido en un líquido, se forman patrones de oscilación del fluido alrededor del objeto. Estas oscilaciones van a formar corrientes en remolino, que crean un gradiente de velocidad produciendo tensiones vibratorias, de manera tal que cualquier material biológico que entre en el área de la corriente va a ser sometido a tensiones vibratorias y posiblemente sea dañado. La lima oscilatoria del sistema endosónico produce campos de corriente alrededor de toda su longitud, generando la mayor tensión vibratoria en los puntos de mayor desplazamiento, que son la punta de la lima y los antinodos formados a lo largo de su longitud. Por esta razón se le atribuyen a las áreas de microcorrientes muchos de los efectos benéficos del ultrasonido (Walmsley A., 1987)(80).

Ahmad y cols., 1987(1), realizaron observaciones de la microcorriente acústica producida por una lima activada por ultrasonido. Observaron que el líquido alrededor de la lima fue transportado de la punta hacia el extremo coronal de ésta, así como la formación de un patrón oscilatorio irregular de movimientos en remolino, que parecían concentrarse en la mitad apical de la lima. Mientras un movimiento en remolino más rápido ocurría en la punta de la lima que en el segmento coronal, el flujo del líquido en la punta era menor.

Generación de calor

La generación de calor es otra de las propiedades físicas que produce la aplicación de ultrasonido dentro del conducto radicular. La generación de calor y el consiguiente aumento de la temperatura resulta como producto de la energía liberada durante el efecto de cavitación, debido a la implosión de las microburbujas de gas, o también puede producirse por la fricción generada por el contacto de la lima oscilatoria con las paredes del conducto radicular (Martin H., 1976 ; Walmsley A. *et. al.*, 1989)(54,80). Cunningham y Balekjiao 1980(80), observaron que el aumento de la temperatura a soluciones de hipoclorito de sodio, de una concentración de 2.6%, potenciaba su capacidad de disolver tejidos orgánicos, igualando la capacidad de soluciones, de concentración de 5.0%, utilizadas a temperatura ambiente.

EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DEL ULTRASONIDO EN EL CONDUCTO RADICULAR

Efectos sobre la dentina

El efecto de oscilación transversal del instrumento endodóntico al ser activado Ultrasonícamente, va a producir un efecto de corte irregular sobre las paredes dentinarias. Éste efecto de corte va a depender de la carga aplicada sobre el instrumento, ya que la energía convertida en oscilación transversa es poca, por lo que puede anularse con la aplicación de una pequeña carga sobre el instrumento en sentido del eje axial del diente. La acción de corte del instrumento endodóntico va a incrementarse en forma directamente proporcional al aumento de poder en la unidad generadora (Waplinton M. *et. al.*, 2000; Walmsley A., 1987)(82,80).

Waplinton M. y cols., 2000(82), realizaron un estudio in Vitro para determinar el patrón bajo el cual se produce el efecto de corte de la dentina. Al realizar un análisis microscópico observaron que en una cavidad tallada en una muestra de dentina, las paredes aparecían estriadas con un gran cúmulo de virutas en dichas estriás. Un análisis de estos fragmentos reveló que el tamaño de las virutas

aumentaba cuando el poder de la unidad generadora era incrementado. Esto sugiere que la remoción de dentina a una mayor energía produce que la punta del instrumento sea capaz de desplazar fragmentos de dentina de mayor tamaño, en vez de remover una mayor cantidad de virutas de dentina.

Las microgrietas pueden proporcionar un espacio para el crecimiento bacteriano y la acumulación de irritantes, comprometen el sellado del conducto, posterior a la retropreparación, además de incrementar las posibilidades de fractura radicular (Min M. *et. al.*, 1997)(57).

Efectos sobre la capa de desecho dentinario

La instrumentación del conducto radicular produce que las paredes del mismo sean recubiertas con detritos dentinarios. Esta cubierta conocida como “capa de desecho”, se extiende en las paredes del conducto por medio de las espiras de los instrumentos endodónticos y es bruñida sobre la superficie del conducto por los movimientos realizados durante la instrumentación (McComb D., Smith D., 1975 ; Buchanan S., 2001)(56,8).

La capa de desecho dentinario está formada por virutas de dentina, mezclada con tejido orgánico, como restos de tejido pulpar, bacterias, endotoxinas y algunas veces restos de material de restauración. La remoción de la capa de desecho va a permitir una interfase más estrecha entre el material de obturación y las paredes del conducto, Si por el contrario, se mantiene la capa de desecho, el sistema de conductos radiculares va a ser sellado inadecuadamente, aumentando el potencial de microfiltración, y la subsecuente disminución del porcentaje de éxito (Ruddle C., 2001)(64).

Se ha demostrado que la capa de desecho dentinario se puede remover por la aplicación del ultrasonido dentro del sistema de conductos, combinado con un agente irrigante como el hipoclorito de sodio (Buchanan S., 2001)(8).

Distintos autores han tratado de explicar el mecanismo por el cual ocurre la eliminación de la capa de desecho dentinario por efecto del ultrasonido como:

Cunningham W. y Martin H., 1982(17), relacionaron la remoción de la capa de desecho dentinario con el fenómeno de cavitación, ya que las presiones hidrodinámicas producidas en el irrigante, desaloja a los detritos que se encuentran adosados a la pared del conducto, y crea un efecto de succión sobre el tejido orgánico liberado arrastrando a los detritos fuera de las ramificaciones laterales del conducto, hacia la corriente principal del flujo del irrigante, donde son posteriormente expulsados del conducto.

El intercambio continuo de irrigación-succión crea que se produzca un efecto sinérgico dentro del conducto, equivalente a un baño ultrasónico donde los detritos son succionados por la acción hidrodinámica del irrigante, activando la acción biológica del irrigante por efecto del aumento de la temperatura (Martin H., Cunningham W. 1984)(17).

En el año de 1987 autores como: Ahmad H. *et. al.*, Walmsley A. y Cameron J., relacionaron a la remoción de la capa de desecho dentinario como resultado producido por el fenómeno de la microcorriente acústica.

Ahmad H. y cols., 1987(1), realizaron un estudio in Vitro para evaluar la evidencia de la formación de la corriente microacústica, y su influencia sobre la capa de desecho. Observaron que los conductos presentaban áreas desiguales de dentina libre de capa de desecho, esto lo atribuyeron a que la lima no se encontraba lo suficientemente humectada como para producir una corriente microacústica, que resultara en fuerzas hidrodinámicas que contribuyeran en la remoción de la capa de desecho.

Walmsley A., 1987(80), relacionó el papel de la microcorriente acústica producida por la lima oscilante con la limpieza del conducto. Además de mejorar el efecto del

hipoclorito de sodio por su calentamiento, produce un flujo continuo del irrigante por toda la extensión del conducto, por medio del cual se propagan ondas de choque que desintegran bacterias y sustancias orgánicas y liberan detritos adosados a las paredes del mismo.

Cameron J., 1987(12), establece una relación sinérgica entre el hipoclorito de sodio y la aplicación de ultrasonido, ya que el flujo creado por el ultrasonido en conjunto con el reemplazo del irrigante va a crear un incremento dramático en la acción biológica del hipoclorito de sodio. Cuando es aplicada energía ultrasónica a un líquido, se genera una microcorriente acústica que va a actuar en las paredes del conducto removiendo la capa de desecho dentinario. El autor obtuvo como resultado que soluciones de hipoclorito de sodio de por lo menos 2%, combinado con la aplicación de ultrasonido, producían la eliminación de la capa de desecho dentro de un periodo de tres minutos.

En un estudio comparativo sobre la efectividad de la limpieza e irrigación de conductos ovaes por medio de dispositivos sónicos y ultrasónicos, realizado por Lunley *et. al.*, 1993(51), observaron que los dispositivos sónicos eran más efectivos en la limpieza y remoción de la capa de desecho dentinario, debido a que el patrón de oscilación de las limas sónicas tiende a ser elíptico, el cual produce una corriente de mayor intensidad alrededor del instrumento, que la producida por el instrumento activado por ultrasonido.

Huque J. y cols., 1998(41), realizaron un estudio in Vitro para determinar la acción antibacteriana del uso del hipoclorito de Sodio combinado con ultrasonido, obtuvieron como resultado que la aplicación de una solución de hipoclorito de sodio en concentraciones de 12% y 5.5% combinada con ultrasonido, era suficiente para eliminar las capas de desecho dentinario, mientras que la irrigación con jeringa no es efectiva para eliminar dicha capa. Los autores argumentan que la erradicación bacteriana sólo puede lograrse con la eliminación completa de la capa de desecho dentinario, debido a que las bacterias se encuentran distribuidas

por toda la extensión de la misma, así como distribuidas en los tapones de desecho que obliteran a los túbulos dentinarios.

Efectos antimicrobianos

La combinación de los fenómenos producidos por el ultrasonido junto con los efectos antimicrobianos del irrigante, van a incrementar la desinfección del sistema de conductos radiculares. La cavitación y la microcorriente acústica, van a producir la remoción de los detritos y de la capa de desecho dentinario de la superficie del conducto, así como la potenciación de la acción biológica del agente irrigante causado por el aumento de temperatura (Baumgartner J., Cuenin P., 1992)(5).

La acción del ultrasonido va a producir la ruptura de las paredes celulares de los microorganismos debido a la turbulencia creada por la microcorriente acústica y los cambios de presión, permitiendo que el agente antimicrobiano penetrar al interior de las células rápidamente, produciendo su efecto bactericida por alguna de las siguientes acciones biológicas: liberación de radicales libres, oxidación y degeneración de las moléculas, destrucción enzimática y ruptura de la pared celular (Martin H., 1976)(54).

Huque J. y cols., 1998(41), concluyeron, de acuerdo a su estudio realizado in Vitro, que el uso del ultrasonido combinado con una solución de hipoclorito de sodio al 12% erradicaba las bacterias presentes en la capa de desecho dentinario, producía la remoción de ésta, y propiciaba la penetración del irrigante hacia las capas más profundas de la dentina radicular, para de esa manera actuar sobre los microbios contenidos dentro de los canalículos dentinarios. Observaron además, efecto antimicrobiano sobre las bacterias ubicadas en las paredes de la dentina radicular, con la utilización de una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 5.5%, por lo cual consideraron esta concentración como suficiente para lograr, en conjunto con la aplicación de ultrasonido, una desinfección eficaz del sistema de conductos radiculares.

Laukhuf G. y cols. en 2000(48), en un estudio comparativo in Vitro de los efectos antimicrobianos de la aplicación de dispositivos sónicos y ultrasónicos sobre el *Streptococcus milleri* inoculado en dientes monoradiculares instrumentados e insertos en bloques de acrílico, afirmaron que después de tiempos de aplicación de 1,2,3 y 4 minutos la acción de los dispositivos sónicos redujo una mayor cantidad de bacterias que los dispositivos ultrasónicos, pero que esta diferencia no era estadísticamente significativa entre éstos, pero si era significativa con respecto al control. Los niveles de concentración bacteriana y el tiempo de aplicación del dispositivo dentro del conducto radicular, parece afectar más directamente a la eficacia de desinfección de los dispositivos ultrasónicos, que a la eficacia de desinfección de los dispositivos sónicos.

En los últimos años las técnicas de biología molecular han demostrado avances impactantes, esto gracias a la facilidad para la identificación de diversas especies patógenas.

BIOLOGIA MOLECULAR

MÉTODOS MOLECULARES DE TIPIFICACIÓN EN EL LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Las técnicas moleculares que analizan propiedades genéticas en los microorganismos han ampliado notablemente el campo de la tipificación en microbiología. La mayor ventaja de estos métodos radica en la estabilidad de los marcadores genéticos utilizados y en la posibilidad de aplicarlos universalmente a distintos géneros y especies de microorganismos. (Pere Coll *et. al.*, 2005)(60).

Los marcadores moleculares se han aplicado a diferentes campos y su disponibilidad ha mejorado nuestro conocimiento sobre:

- ✚ Patogénesis e historia natural de ciertas infecciones.
- ✚ Detección de brotes y epidemias.
- ✚ Identificación de reservorios y de mecanismos de transmisión de patógenos.
- ✚ Diseño de medidas de control de propagación de la infección.
- ✚ Evolución genética de poblaciones microbianas.

En todas estas aplicaciones el objetivo de los marcadores moleculares es el de definir la relación existente, clonal o no, entre los aislamientos estudiados esto es por formar parte de una cadena de replicación y transmisión. Las cepas relacionadas provienen, de la expansión clonal de un precursor único y poseen un nivel de similitud entre sus genotipos y fenotipos significativamente superiores al que se encontraría entre aislamientos no relacionados de la misma especie seleccionados arbitrariamente. Diversos son los métodos moleculares aplicados al estudio epidemiológico, entre ellas encontramos la técnica PCR, es una técnica de amplificación que permite conocer clonalidad de diferentes aislados en situaciones epidémicas con tiempo y espacio definido, de gran rapidez, útil en situaciones de epidemia, análisis por secuenciación y que ofrece ventajas en estudios de grandes grupos clonales, (Pere Coll *et. al.*, 2005)(60).

Los marcadores moleculares deben de reunir algunas características para que Puedan ser utilizados en un estudio epidemiológico.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MARCADORES MOLECULARES. CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE UN BUEN MARCADOR MOLECULAR

Debemos definir el nivel de relación genética, la duración que presenta y verificar la eficacia de los métodos seleccionados. Idealmente un marcador debería permitir calcular la distancia genética existente entre las cepas estudiadas. Su

conocimiento permite establecer la relación entre las cepas, y por lo tanto, conocer con precisión su historia evolutiva. Las diferencias detectadas por este marcador ideal deberían corresponder a cambios evolutivos "neutros" cuya acumulación fuera proporcional al tiempo transcurrido (Pere Coll *et. al.*, 2005)(60).

Marcador	Tipabilidad	Reproducibilidad	Poder de discriminación	Facilidad técnica	Interpretación	Disponibilidad	Coste
Perfil plasmídico	Variable	Regular	Variable	Regular	Buena	Excelente	Medio
REA de ADN total	Excelente	Variable	Variable	Buena	Regular	Variable	Medio
Ribotipado	Excelente	Excelente	Buena	Buena	Buena	Variable	Alto
PFGE	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Buena	Variable	Alto
PCR	Excelente	Regular	Excelente	Buena	Regular	Buena	Medio
AFLP	Excelente	Buena	Excelente	Buena	Regular	Baja	Alto
MLST	Óptima	Excelente	Excelente	Difícil	Excelente	Baja	Alto

Tabla 2. Características de los marcadores moleculares más utilizados (modificada de Van Belkum *et. al.*, Clin Microbiol Rev 2001; 14: 547-560).

Una de las técnicas más utilizadas en este campo y de la cual es útil para este proyecto es la Reacción en Cadena de la Polimerasa, conocida como PCR por sus siglas en inglés, cuyo objetivo es obtener un gran número de copias de un fragmento de ADN particular, partiendo de una mínima cantidad. Esta técnica se fundamenta en la propiedad natural de las ADN polimerasas para replicar hebras de ADN, para lo cual se emplean ciclos de altas y bajas temperaturas alternadas para separar las hebras de ADN recién formadas entre si tras cada fase de replicación, y a continuación dejar que vuelvan a unirse a polimerasas para que

vuelvan a duplicarlas (Sambrook J., Russel D. W., 2001) citado por (Pere Coll *et. al.*, 2005) (60).

La técnica, como su nombre lo indica, se basa en la enzima ADN polimerasa que sintetiza una cadena de ADN complementaria (ADNc) a otros que sirven de molde. Los únicos elementos que necesita son nucleótidos (dNTP's) y dos pequeñas cadenas de ADNc al molde que se desea copiar y que lo flanquea, llamadas cebadores o primers en ingles a partir de los cuales la polimerasa elonga la cadena (Santos., 2009) citado por (Pere Coll *et. al.*, 2005) (60).

También hacerse notar que existen diversas variantes de la PCR, que puede utilizarse en distintos estudios en este caso se utilizo un tipo llamado RT-PCR (PCR en transcriptasa reversa), en la cual sigue el mismo proceso de la PCR clásica con la excepción de que en esta el molde inicial es ARN y se requiere de una transcriptasa inversa, esto para realizar la conversión de ARN aun tipo de ADN llamado ADNc (Watson., *et. al.*, 2004) citado por (Pere Coll *et. al.*, 2005)(60).

CRITERIOS PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En principio los patrones que se obtienen están constituidos por un número de bandas de ADN que permiten una interpretación y comparación fácil entre cepas (fig. 15) (Pere Coll *et. al.*, 2005)(60).

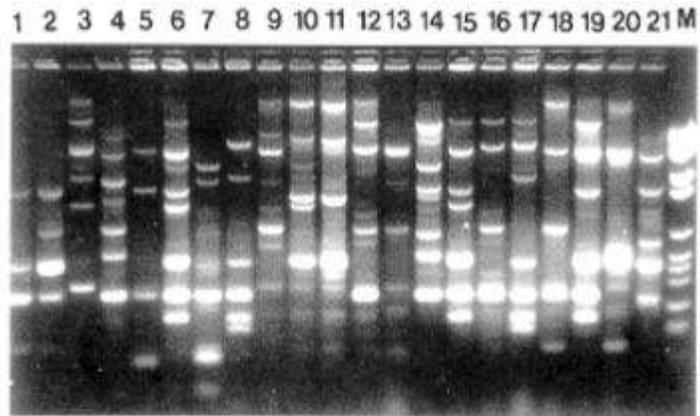


Figura (15). Patrones obtenidos mediante REP-PCR en cepas de *Acinetobacter baumannii*. Línea M, Marcadores moleculares de ADN.

JUSTIFICACIÓN

La terapia endodóntica tiene como uno de sus objetivos lograr la completa desinfección del sistema de conductos radiculares para así garantizar el éxito del tratamiento, De acuerdo con la literatura revisada, la microbiota mayormente aislada son microorganismos anaerobios facultativos y gran positivos (*E. Faecalis*) el cual es un coco gram positivo, anaerobio facultativo y está indicado como la causa más frecuente de infecciones periapicales persistentes (Sjögren U *et. al.*, 1990), esto se debe a la capacidad que tiene para sobrevivir y crecer en un ambiente que para otros microorganismos pudiera ser tóxica, en particular en zonas que presentan altas concentraciones de sales (6.5% de cloruro de sodio), temperaturas extremas (15- 60 °C) y resistir a acción de los colorantes como el azul de metileno al 0.1%., por tal razón es que logran sobrevivir en conductos radiculares en los cuales sus nutrientes son muy limitados. *E. faecalis* logra sobrevivir en un ambiente alcalino, por tanto la medicación con hidróxido de calcio (12pH) no logra erradicarlo y en el momento que su acción finaliza este comienza a proliferar, logrando así la recolonización e infección del conducto radicular. La identificación de esta bacteria se puede realizar por métodos convencionales o bien mediante un sistema de identificación rápida que se hace a través de un sistema automatizado ATB- PLUS. La irrigación es un paso muy importante en el proceso de limpieza, conformación de los conductos radiculares, así como en el último procedimiento que se lleva a cabo antes de realizar la obturación tridimensional de estos, por tal razón es necesario obtener resultados fiables, mediante nuevos métodos que nos permitan valorar si las soluciones que utilizamos son capaces de eliminar tanto las sustancias orgánicas como las inorgánicas.

OBJETIVO GENERAL

Indicar de acuerdo a las revisiones bibliográficas la eficacia desinfectante del NaOCl, en la limpieza final ultrasónica.

OBJETIVO ESPECIFICO

- ✚ Establecer de acuerdo a los resultados de los estudios revisados, si hay presencia de cepas *E. faecalis* en los conductos radiculares.
- ✚ Indicar en base a la literatura científica los beneficios de utilizar el ultrasonido en la irrigación final en el tratamiento de conductos.
- ✚ Establecer conforme a las publicaciones revisadas la eficacia del NaOCl a diferentes concentraciones.
- ✚ De acuerdo a las revisiones científicas sustentar que la pcr es un método útil y rápido que permite cuantificar la presencia de cepas.

PROCEDIMIENTOS DE METODOLOGIA DE REVISTAS INDEXADAS Y CON FACTOR IMPACTO

Se realizó una revisión de estudios que evaluaron la presencia de la cepas de *E. faecalis*, dentro del conducto radicular, ya que ha sido el microorganismo más encontrado en infecciones endodónticas persistentes como lo demuestra Siqueira y Rocas 2005(68), mediante una recopilación de estudios en los cuales se evalúa la microbiota presente en los conductos radiculares, observando que el *E. faecalis* obtuvo el mayor porcentaje, que va desde un 30% en infecciones primarias y 5% en infecciones endodónticas asociadas con la periodontitis apical aguda. Esto se debe a las características que presenta el *E. faecalis*, como lo demuestra el artículo realizado por Portenier I y cols. 2003(62), mostrando cuales son las circunstancias que permiten que sea el que mejor se adapta y tolere las condiciones etiológicas existentes en los conductos radiculares obturados. El irrigante más utilizado en las investigaciones del tema es el hipoclorito de sodio NaOCl, debido a sus propiedades antibacterianas, su capacidad para disolver tejido, sin dejar de lado su acción lubricante, Siqueira JF., 2000(69), demuestra su acción contra diferentes especies bacterianas como microaerófilos, aerobios y anaerobios facultativos y estrictos. Giardino L. y cols., 2007(34) realizó un estudio en el cual demuestra que el hipoclorito de sodio es el único irrigante capaz de remover la biopelícula formada por *E. faecalis* luego de 5 min de exposición. y que, gracias a su baja tensión superficial, es capaz de penetrar a todas las concavidades del conducto radicular y crear condiciones que permiten la eficacia de los medicamentos intraconductos, así lo demuestra Leonardo MR., 2006(49). El ultrasonido también tiene un papel importante en las investigaciones revisadas, ya que produce un movimiento oscilatorio del instrumento, la cavitación, microcorriente acústica y la generación de calor; que en combinación con las propiedades de la solución irrigadora, logra generar un efecto sinérgico que

potencializa la acción biológica del irrigante dentro del conducto radicular , así lo demuestra Min M. *et. al.*, 1997; Martin H., Cunningham W. 1984(57,54). Se ha observado que al activar el ultrasonido de manera indirecta, mediante una lima oscilante genera una microcorriente acústica limpiando y mejorando el efecto del hipoclorito de sodio por su calentamiento, produce un flujo continuo del irrigante por toda la extensión del conducto, permitiendo que se propaguen las ondas de choque y así desintegren las bacterias, sustancias orgánicas y liberen detritos adosados a las paredes del mismo, como lo demuestra Walmsley A., 1987(80). Se ha observado que la biología molecular nos permite cuantificar cepas, mediante Reacción en Cadena de la Polimerasa, conocida como PCR, cuyo objetivo es obtener un gran número de copias de un fragmento de ADN particular tal como lo menciona, Sambrook J., Russel D. W., 2001(60).

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Basados en los estudios analizados determinamos que el *E. faecalis* es el microorganismo que mejor se adapta y tolera las condiciones etiológicas existentes en los conductos radiculares obturados, esto debido a sus características microbiológicas como son, sus factores de virulencia y su capacidad de formar biopelículas. (Portenier I. *et. al.*, 2003). Se realizó una investigación literaria, para observar si el hipoclorito de sodio es capaz de minimizar la cantidad de bacterias, como lo demuestra (Mader C. *et. al.*, 1984), mediante el MEB que el NaOCl actúa disolviendo tejido orgánico en áreas que han quedado sin instrumentar, el alto pH del NaOCl tiene relevancia en la eficacia antimicrobiana, ocasionando peroxidación lipídica y daño a la membrana celular bacteriana, la cual ejerce roles esenciales en el metabolismo, transporte de iones, crecimiento y división celular, resultando en daño estructural y funcional de los microorganismos (Estrela C. *et. al.*, 2002). Creando un ambiente inadecuado para el desarrollo bacteriano (Hauman CHJ., Love RM., 2003; Hülsmann M., Hahn W., 2000), contrario a esto algunos autores consideran que esta propiedad añade un componente tóxico a la solución (Cohen S., Burns RC., 1999).

El efecto antibacteriano del NaOCl depende del tiempo, la aplicación extendida o concentraciones altas requeridas para alcanzar un pleno efecto bactericida, un estudio *in vitro*, realizado por Siqueira JF. *et. al.*, 2000, demostró que el hipoclorito de sodio al 5.25% fue el más efectivo produciendo mayor zonas o halos de inhibición. Contrario a esto Contrario a esto (Cveck M. *et. al.*, 1976; Bystrom A. *et. al.*, 1983), señalan que la reducción de la carga bacteriana no es significativamente mayor con NaOCl al 5% respecto a soluciones menos concentradas como al 0.5%. recomienda diluir el hipoclorito de sodio al 5.25% en partes iguales con agua para obtener una solución de 2.5%, afirmando que ésta es tan eficaz como la solución a toda su capacidad, pero más segura y más agradable para usar, y que el NaOCl al 5,25% y 2,6% son

igualmente eficaces en la disolución de colágeno a una temperatura de 37°C, sin embargo a temperatura ambiente (21°C), la solución al 2.6% resulta menos eficaz. Huque J. y cols., 1998 realizaron un estudio in Vitro para determinar la acción antibacteriana del uso del hipoclorito de Sodio combinado con ultrasonido, obtuvieron como resultado que la aplicación de una solución de hipoclorito de sodio en concentraciones de 12% y 5.5% combinada con ultrasonido, era suficiente para eliminar las capas de desecho dentinario, mientras que la irrigación con jeringa no es efectiva para eliminar dicha capa. Los autores argumentan que la erradicación bacteriana sólo puede lograrse con la eliminación completa de la capa de desecho dentinario, debido a que las bacterias se encuentran distribuidas por toda la extensión de la misma, así como distribuidas en los tapones de desecho que obliteran a los túbulos dentinarios. contrario a esto Cameron J., 1987, obtuvo como resultado que soluciones de hipoclorito de sodio al 2%, combinado con la aplicación de ultrasonido, producían la eliminación de la capa de desecho dentro de un periodo de tres minutos.

CONCLUSIONES.

De acuerdo a los artículos que se analizaron podemos concluir:

- ✚ Que la presencia de cepas *E. faecalis* es la más identificada en conductos radiculares, como lo demuestra Baumgartner y cols. 1991(6), cultivaron e identificaron los microorganismos que se encontraban presentes en los 5mm apicales de los conductos radiculares, concluyendo que existe mayor cantidad de microorganismos anaerobios en los últimos 5mm apicales y que de ellos el 40% eran cepas *E. faecalis*, en 2005 lo confirma Siqueira y Rocas (67), mediante una recopilación de estudios que evalúan la microbiota presente en infecciones endodónticas, observando que el 35% de estos eran *E. faecalis*.
- ✚ El hipoclorito de sodio es el irrigante más utilizado gracias a su eficacia ya que al entrar en contacto con el tejido orgánico forma ácido hipocloroso, causando un daño estructural y funcional irreversible en la membrana celular de la bacteria, como lo demuestra Estrela C. *et. al.*, 2002 (28). Y es el mejor irrigante para biopelículas *E. faecalis* como lo demuestra en su estudio Giardino L. y cols., 2007. En donde compararon la eficacia antibacteriana del NaOCl, Biopure MTAD® y Tetraclean®, observando que el hipoclorito de sodio fue el único capaz de eliminar la biopelícula luego de 5 min. y que la eficacia en la concentración del NaOCl del tiempo de exposición, la concentración y la temperatura en el que este se aplique como lo menciona Estrela C. *et. al.*, 2000 (28), un estudio realizado por Siqueira JF. y cols., 2000, compararon el efecto antibacteriano en cepas *E. faecalis*, con concentraciones de NaOCl al 1%, 2.5% y 5.25%, concluyendo que el cambio constante del irrigante y la cantidad que se utiliza logran mantener la efectividad antibacteriana del hipoclorito de sodio, compensando los efectos de concentración en las soluciones menos concentradas (1 y 2.5%). Sin embargo este estudio *in vitro* demostró al 5.25% fue el más efectivo en las zonas de inhibición.

- ✚ Los beneficios encontrados cuando utilizamos hipoclorito de sodio activado con ultrasonido en la limpieza final ultrasónica es gracias a que se produce un aumento de la temperatura causando en menor tiempo una desintegración del tejido, así como una disminución de la tensión superficial, favoreciendo la penetración del mismo hacia los túbulos dentinarios e irregularidades, logrando potencializar concentraciones de 2.6% igualándola con concentraciones de 5.25% a temperatura ambiente, como lo demuestra Cunningham y Balekjiao 1980(80), Huque J. y cols., 1998(41), concluyeron, que el uso del ultrasonido combinado con NaOCl al 5.5% es eficaz en el sistema de conductos para erradicar bacterias presentes en la capa de desecho dentinario.
- ✚ La PCR es un método, que nos permite la replicación de ADN con cantidades mínimas de material genético, permitiendo una detección rápida y fiable de los marcadores genéticos a partir de cebadores logrando así identificarlas posteriormente como lo menciona en su estudio Sambrook J., Russel D. W.

RECOMENDACIONES

Al emplear la PCR en tiempo real, se obtiene una réplica exacta del microorganismo, evitando errores que se pudieran presentar al momento de obtener los resultados., teniendo la certeza que la tasa de concentración ó cantidad de especies revelada mediante el espectrómetro, es únicamente de las que permanecieron con vida y de la cepa de interés.

GLOSARIO

- ✚ **Gnotobióticas:** libres de gérmenes patógenos específicos.
- ✚ **Bacterias homofermentativas:** Son bacterias que sintetizan sólo ácido láctico sin liberar CO₂.
- ✚ **Espectrofotometría:** es el conjunto de procedimientos que utilizan la luz para medir concentraciones químicas.
- ✚ **Solución isotónica:** solución en la cual, la concentración de soluto esta en igual equilibrio fuera y dentro de una célula.
- ✚ **Acción hipotónica:** es aquella que tiene menor concentración de soluto en el medio exterior en relación al medio interior de la célula.
- ✚ **Hipertónico:** sustancia de concentración de soluto en el medio externo, por lo que tiene mayor una célula en dicha solución pierde agua (H₂O) debido a la diferencia de presión.
- ✚ **Ósmosis:** fenómeno físico relacionado con el comportamiento de un sólido como soluto de una solución ante una membrana semipermeable para el solvente pero no para los solutos.
- ✚ **Biopelículas:** comunidades de microorganismos adheridas a una superficie y embebidas en una matriz de polisacáridos y proteínas.
- ✚ **Microcentrifuga:** es una centrifuga de muy reducidas dimensiones diseñada para la centrifugación de tubos y viales pequeños.
- ✚ **Centrifugación:** separa los elementos sólidos dispersos en el líquido. La separación se basa en las distintas velocidades de rotación de los elementos sólidos y líquidos.

- ✚ **Grupo clonal:** El término clon o grupo clonal en epidemiología hace referencia al grupo de aislamientos relacionados por el hecho de descender de un ancestro común.

RELACION DE FIGURAS Y TABLAS

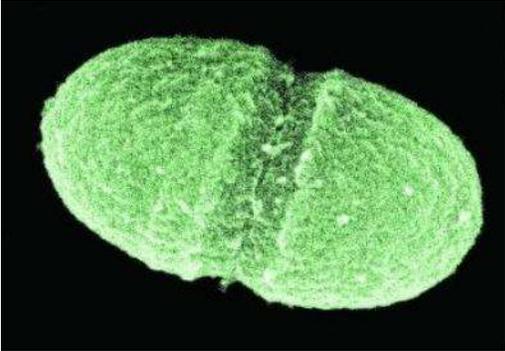


Figura (1). *Enterococcus Faecalis*.
(Tomada de Proc Natl Acad Sci U S A.

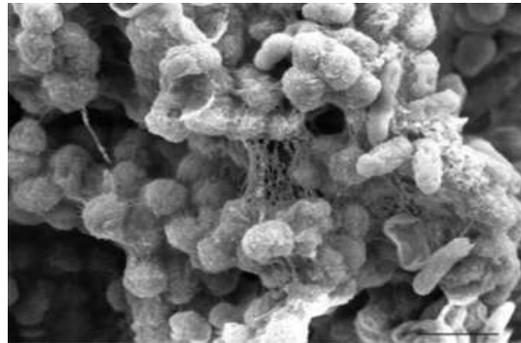


Figura (2). Biopelícula de *E. faecalis*.
(Tomada de Pascale Guiton).



Figura (3). Solución salina. Tomada de
Copyright © 2012 [MagicBodyArt](#).



Figura (4). Solución anestésica. Tomada
de iztacala, UNAM.



Figura (5). Peróxido de hidrogeno.
Tomada de taringa net.



Figura (6). Solución Tripsina.
Tomada de alibaba.com.



Figura (7). El ácido etilendiaminotetraacético EDTA 18%. Tomada de VAMASA.com.



Figura (8). Hidróxido de calcio Ca (OH)₂ (leche de cal). Tomada de denteco.com.gt.



Figura (9). Clorhexidina 2%. Tomada de posgrado de endodoncia. com.



Figura (10). Hipoclorito de sodio uso endodontico. Tomada de iorifanO.tripod.com.

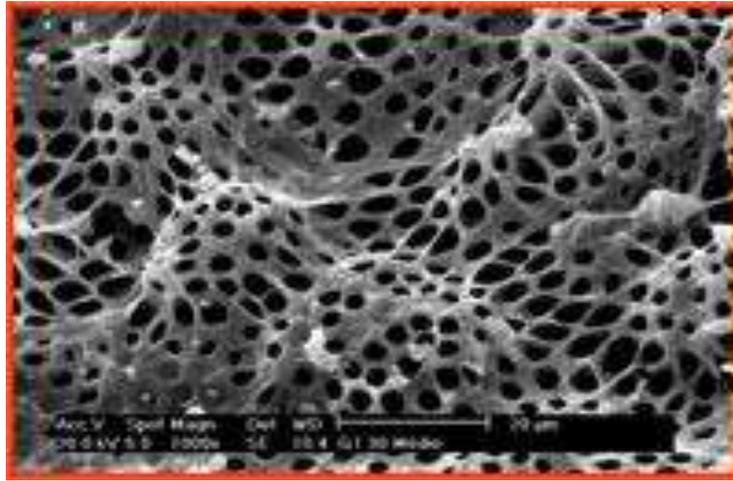
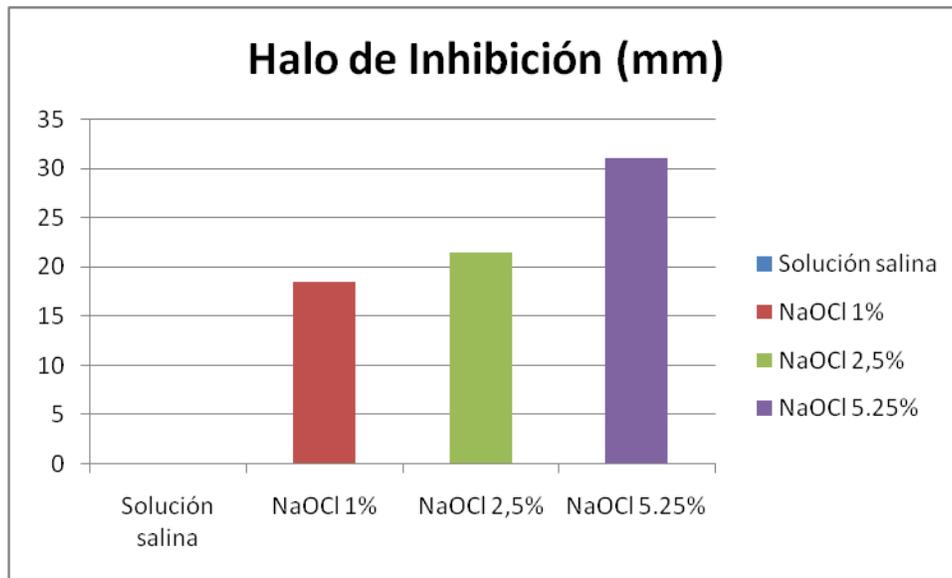


Figura (11). En zonas del conducto no instrumentadas, el hipoclorito de sodio puede exponer los calcosferitos, debido a su capacidad de disolución del tejido pulpar. Tomado de Teixeira C, Felipe M, Felipe W. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: a SEM analysis. Int Endod J.2005;38:285-290.

Solución Irrigadora	Halo de Inhibición (mm)
Solución salina	0
NaOCl 1%	18.5
NaOCl 2.5%	21.5
NaOCl 5.25%	31

Tabla 1. Diámetro promedio de las zonas de inhibición producido por los irrigantes sobre el *E. faecalis*. Tomado de Siqueira JF, Rôças IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2,5% and 5,25% sodium hypochlorite. J Endod 2000; 26(6):331-4.



Grafica 1. Diámetro promedio de las zonas de inhibición producido por los irrigantes sobre el *E. faecalis*.

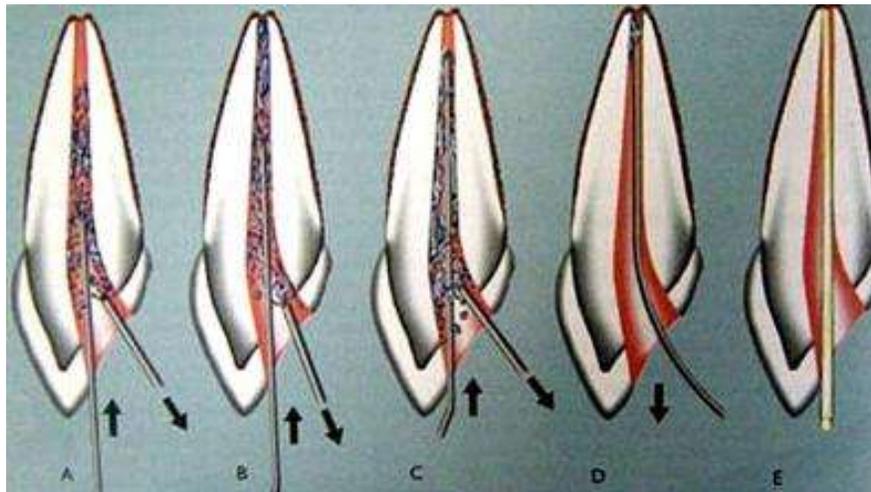


Figura (12). Pasos de una correcta irrigación de conductos. Tomada de Goldberg F. Endodoncia Técnica y fundamentos.2002.

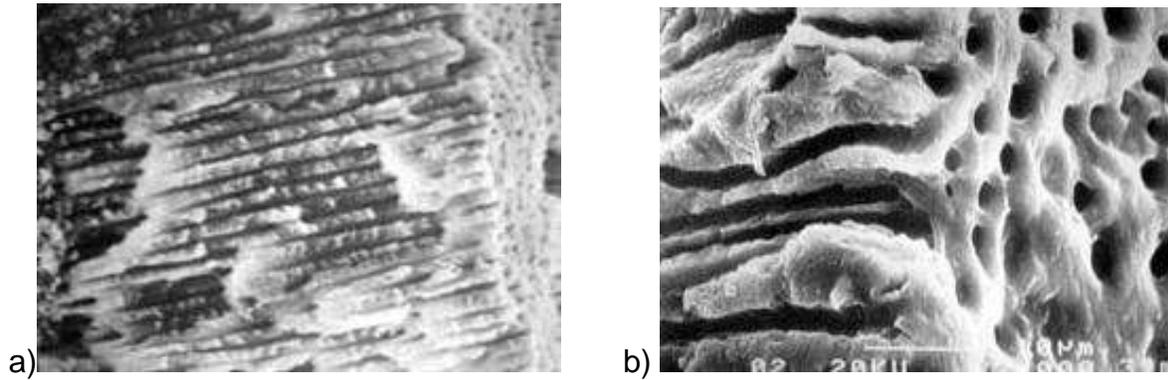


Figura (13). A. SEM fotografía que muestra dos canales laterales y túbulos irrigados con NaOCl libre de detritos. B. SEM fotografía que muestra conductos irrigados con NaOCl caliente, donde se observa mayor limpieza. Tomada de Cohen S. Path ways of the pulp. 8 edición.2002.



Figura (14). Escarificador Ultrasónico Multi Función. El Varios 350. Tomada de promosadental.com.

Marcador	Tipabilidad	Reproducibilidad	Poder de discriminación	Facilidad técnica	Interpretación	Disponibilidad	Coste
Perfil plasmídico	Variable	Regular	Variable	Regular	Buena	Excelente	Medio
REA de ADN total	Excelente	Variable	Variable	Buena	Regular	Variable	Medio
Ribotipado	Excelente	Excelente	Buena	Buena	Buena	Variable	Alto
PFGE	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Buena	Variable	Alto
PCR	Excelente	Regular	Excelente	Buena	Regular	Buena	Medio
AFLP	Excelente	Buena	Excelente	Buena	Regular	Baja	Alto
MLST	Óptima	Excelente	Excelente	Difícil	Excelente	Baja	Alto

Tabla 2. Características de los marcadores moleculares más utilizados (modificada de Van Belkum *et. al.*, Clin Microbiol Rev 2001; 14: 547-560).

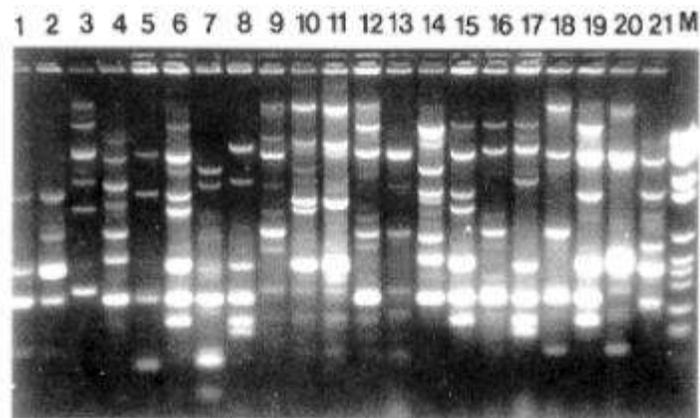
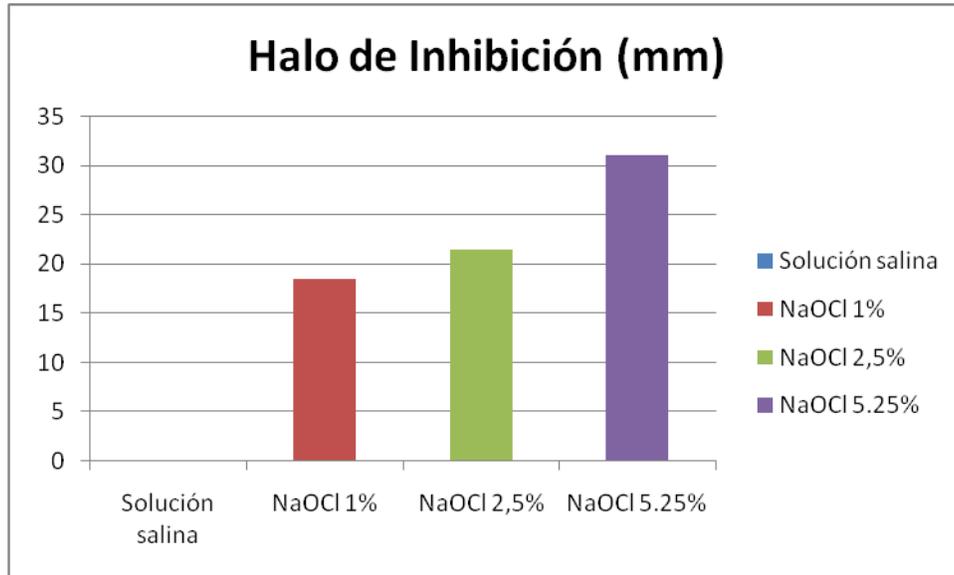


Figura (15). Patrones obtenidos mediante REP-PCR en cepas de *Acinetobacter baumannii*. Línea M, Marcadores moleculares de ADN.



GRAFICA 1. Diámetro promedio de las zonas de inhibición producido por los irrigantes sobre el *E. faecalis*.

BIBLIOGRAFÍA

1. AHMAD M, PITT FORD T, CRUM L. Ultrasonic debridement of root canals: An insight into the mechanisms involved J Endod 1987 March; 13(3): 93-101.
2. AHMAD, M. et al. Cavitational activity in ultrasonic instrumentation. University of Malaya, and the National Center of Physical Acoustic Mississippi. Abstract n° 45, 47 Sessao Annual a AAE. J. Endodon., n.4, pag 198, 1990.
3. AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTIST. Glossary, 6° Ed. Chicago, 1998.
4. ANDERSEN, M., LUND, A., ANDREASEN, JO. In vitro solubility of human pulp tissue in calcium hydroxide and sodium hypochlorite. Endod Dent Traumatol. 1992. 8(10):104-8.
5. BAUMGARTHER, JC. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. J of Endod. 1987. 13:147.
6. BAUMGARTNER J, FALKLER W. Bacteria in the apical 5mm of infected root canals. J Endod. 1991; 17: 380-3.
7. BERBERT, F.L.C.V. Aplicabilidades do ultra- some m endodontia. Manual Prático. Araraquara, 2001, 38p.
8. BUCHANAN S. Cleaning and shaping the root canal system, part 2: Cleaning concepts. Dent Today. 1993 October; 1-5. En: Clinical monographs, Dental Education Laboratories, 2001.
9. BUCK R, ELEAZER PD, STAAT RH. In vitro disinfection of dentinal tubules by various endodontics irrigants. J Endod 1999; 25(12):786-8
10. BUCK, R.A., ELEAZER, PD. Effectiveness of three endodontic irrigants at various tubular depths in human dentin. J. of Endod 2001. 27(3): 206-208.
11. BYSTROM A, SUNDQVIST G. Bacteriological evaluation of the effects of 0.5% sodium hypochlorite in endodontic therapy. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1983; 55:307-12
12. CAMERON J. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: A scanning electron microscope evaluation. J Endod. 1987 Nov;13(11): 541-545.
13. COHEN S, BURNS RC. Vías de la Pulpa. Hartcourt. Séptima Edicion Madrid, España 1999
14. COHEN, B. Vías de la pulpa. 1999. Ed. Harcourt. Madrid,España. Págs:206,207.
15. CUNNINGHAM WT, BALEKJIAN AY. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1980; 49:175-7
16. CUNNINGHAM W, BALEKJIAN A. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hipoclorite endodontic irrigant. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1980 feb; 49(2): 175-77.
17. CUNNINGHAM W, MARTIN H. A scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with endosonic ultrasonic synergistic system. Oral Surg. 1982 May; 53(5): 527-31.
18. CUNNINGHAM, W. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. Oral Surg. 1980.49(2): 175-177.
19. CUNNINGHAM WT, JOSEPH SV. Effect of temperature on the bactericidal action of sodium hypochlorite endodontic irrigant. Oral Surg 1980; 50:569

20. CVECK M, NORD CE, HOLLENDER I. Antimicrobial effect of root canal debridement in teeth with immature root. A clinical and microbiologic study. *Odontol Revy* 1976; 27:1-10
21. D´ARCANGELO C, VARVARA G, DE FAZIO P. Na evaluation of the action of different root canal irrigants on facultative aerobic-anaerobic, obligate anaerobic, and microaerophilic bacteria. *J Endod* 1999; 25(5):351-3
22. DI LENARDA, R. CADENARO, M. Effectiveness of 1 mol-l citric acid and 15% EDTA irrigation on smear layer removal. *Int Endod J.* 2000. 33:46-52.
23. DRAKE, DR., WIEMANN, AH. Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. *J of Endod.* 1994. 20(2): 78-82. En: GARCÍA, G., OLIVO, RA., OCHOA, CA. Complicaciones con el hipoclorito de sodio (NaOCL) al entrar en contacto con los tejidos periradiculares. *Univers Odont.* 2001. 21(45):26-29.
24. DRUTTMAN, AC., STOCK, CJ. An in vitro comparison of ultrasonic and conventional methods of irrigant replacement. *Int Endod J.* 1989; 22: 174-178.
25. DUGGAN J, SEDGLEY C. Biofilm formation of Oral and Endodontic *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2007; 33: 815-18.
26. DUNAVANT T, REGAN J, GLICKMAN G, SOLOMON E, HONEYMAN A. Comparative evaluation of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod.* 2006; 32: 527-31.
27. Enrique J. Padrón. Ultrasonido en Endodoncia. Odontólogo, Universidad Central de Venezuela , 1998. Especialista en Endodoncia, Universidad Central de Venezuela, 2001-2003
28. ESTRELA C, ESTRELA CRA, BARBIN EL, SPANO JCE, MARCHESAN MA, PECORA JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J* 2002; 13(2):113-7
29. FACKLAM R, SAHM D, MARTINS L. *Enterococcus*. En: Murray P, Baron E, Pfaller M, Tenover F, Tenover R. editores. *Manual of Clinical Microbiology.* 7th Edition. American Society for Microbiology. 1999:297-305.
30. FRAIS, S. GULABIVALA, K. Some factors affecting the concentration of available chlorine in commercial sources of sodium hypochlorite. *Int Endod J.* 2001. 34: 206-215.
31. GAMBARINI G, DE LUCA M. Chemical stability of heated sodium hypochlorite endodontic irrigants. *J of Endod.* 1998; 24(6):432-4.
32. GEORGE S, KISHEN A, SONG K. The Role of Environmental Changes on Monospecies Biofilm Formation on Root Canal Wall by *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2005; 31: 867-72.
33. GEORGOPOULOU, E., KONTAKIOTIS, N. Evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid and sodium hypochlorite on the anaerobic flora of the infected root canal. *Int Endod J.* 1994. 27: 139-143.
34. GIARDINO L, AMBU E, SAVOLDI E, RIMONDINI R, CASSANELLI C, DEBBIA E. Comparative evaluation of antimicrobial efficacy of NaOCl, MTAD and Tetraclean against *Enterococcus faecalis* biofilm. *J Endod.* 2007; 33: 852-5.
35. GOMES B, FERRAZ C, VIANNA M. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* 2001; 34:424-28.

36. HARRISON, JW. Irrigation of the root canal system. *Dent Clin of North Am.* 1984. 28:797-808.
37. HAUMAN C, LOVE R. Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 1. Intracanal drugs and substances. *INT endod J.* 2003;36:75-85.
38. HELING, I., CHANDLER, P. Antimicrobial effect of irrigant combinations within dentinal tubules. *Int. Dent. J.* 1998. 31: 8-14.
39. HÜLSMANN M, HAHN W. Complications during root canal irrigation. Literature review and case report. *Int Endod J* 2000; 33:186-93
40. HÜLSMANN, M. Irrigación del conducto radicular: objetivos, soluciones y técnicas. *J of Endod Prac.* 1998. Vol 4 (1): 15-29.
41. HUQUE J, KOTA K, YAMAGA M, IWAKU M, HOCINO E. Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with hypochlorite. *Int Endod J.* 1998; 31: 242-50.
42. INGLE J, BAKLAND L, PETERS D, BUCHANAN S, MULLANEY T. Preparación de la cavidad endodóntica, en: Ingle J, Bakland L. editores, *Endodoncia*, 4° Ed. México, McGraw-Hill Interamericana, 1996, Cap.
43. JEANSONNE, M., WHITE, R. A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *J of Endod.* 1994. 20(6): 276-278.
44. JETT B, HUYCKE M, GILMORE M. Virulence of Enterococci. *Clin Microbiol Rev.* 1994; 7: 462-478.
45. JOHNSON, B., REMEIKIS, N. Effective shelf-life of prepared sodium hypochlorite solution. 1993. *J of Endod.* 19(1):40-43.
46. KAYAOGU G, ORSTAVIK D. Virulence factors on *Enterococcus faecalis*: relationship to endodontic disease. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2004; 15: 308-320.
47. LASALA, A. *Endodoncia*. 4ta Edición. Ed Salvat. México D.F. 1992.
48. LAUKHUF G, MICKEL A, CHOGLE S. Sonic versus ultrasonics in effectiveness of bacterial reduction and release. *J Endod.* 2000 Sept; 26(9): 547.
49. LEONARDO MR. *Endodoncia Tratamiento de conductos radiculares. Principios técnicos y biológicos.* Tomo 1. Artes Médicas Latinoamérica. São Paulo. Brasil 2006. pág.435-80
50. LEONARDO, MR., FILHO, MT. In vivo antimicrobial activity of 2% chlorhexidine used as a root canal irrigating solution. *J of Endod.* 1999. 25:167-171.
51. LUNLEY, P.J. et al. Cleaning of uval canals using oltrasonic or sonic instrumentation. *J. Endod.*, v.19, n 19, Sep., 1993.
52. LUNLEY, P.J.; WALMSLEY, A.D. Effect of precurving on the performance of endodontic K files. *J . Endod.*, v. 18, n . S, May, 1992.
53. Mader C. L.: "Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls". *J. Endod.* 1984; 10: 477.
54. MARTIN H, CUNNINGHAM W. Endosonics endodontics: The ultrasonic synergistic system. *Int Dent J.* 1984; 34(3): 198-203.
55. MASATAKA, Y., KOICHI, Y. Root canal irrigation with citric acid solution. *J of Endod.* 1996. 22(1): 27-29.
56. MCHUGH C, ZHANG P, MICHALEK S, ELEAZER P. pH required to kill *Enterococcus faecalis* in vitro. *J Endod.* 2004; 30: 218-9.

57. MIN M, BROWN C, LEGAN J, KAFRAWY A. In Vitro evaluation of effects of ultrasonic root end preparation on resected root surface. *J Endod.* 1997 Oct; 23(10): 624-28.
58. NAKAJO K, KOMORI R, ISHIKAWA S, UENO T, SUZUKI Y, IWAMI Y, TAKAHASHI N. Resistance to acidic and alkaline environments in the endodontic pathogen *Enterococcus faecalis*. *Oral Microbiol Immunol.* 2006; 21: 283-8.
59. OHARA, PK., TORABINEJAD, M. Antibacterial effects of various endodontic irrigants on selected anaerobic bacteria. *Endod Dent Traumatol.* 1993; 9: 95-100.
60. PERE, COLL, M. TERESA CON QUE, M. ANGELES DOMINGUEZ, JULIO VAZQUEZ, JORDI VILA. *Procedimientos en Microbiología Clínica Recomendaciones de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica* 2005.
61. PISKIN, B., TÜRKÜN, M. Stability of various sodium hypochlorite solutions. *J of Endod.* 1995. 21(5):253-255.
62. PORTENIER I, WALTIMO T, HAAPASALO M. *Enterococcus faecalis* & endash : the root canal survivor and star in posttreatment disease. *Endod Topics* 2003; 6: 135-159.
63. RICHMAN. M.J. Use of ultrasonics in root canal therapy and root resection . *J. Dent. Med.* V. 12 n 1. Pag. 12, 18. 1957.
64. RUDDLE C. Cleaning and Shaping the root canal system. En: Cohen S., Burns, R., Editor's, *Pathways of the pulp.* 8° Ed. St Louis, Harcourt Brace, 2001, Cap 8.
65. SABALA, C., POWELL, S. Sodium hypochlorite injection into periapical tissues. *J of Endod.* 1989. 15(10): 490-492.
66. Schreier EO. The treatment of infected root canals with kalium and natrium. *Dent. Cosmos*, 38:836, Sep. , 1893. Comentado en Ingle JI, Bakland LK. *Endodoncia.* 4ta Edición. México. Editorial McGraw-Hill Interamericana, 1996: 98-228.
67. SIQUEIRA J Y COLS. Selected Endodontic Pathogens in the Apical Third of Infected Root Canals: A Molecular Investigation. *J Endodon* 2004; 30:648-643.
68. SIQUEIRA J, ROCAS I. Exploiting Molecular Methods to Explore Endodontic Infections: Part 2 & endash; Redefining the Endodontic Microbiota. *J Endod.* 2005; 31: 488-98
69. SIQUEIRA JF, RÔÇAS IN, FAVIERI A, LIMA KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2,5% and 5,25% sodium hypochlorite. *J Endod* 2000;26(6):331-4
70. SIQUEIRA, J., LOPES, H. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *Int Endod J.* 1999. 32:361-369.
71. SIQUEIRA. Selected Endodontic Pathogens in the Apical Third of Infected Root Canals: A Molecular Investigation. *J Endodon* 2004;30:648- 643
72. SJÖGREN U Y COLS. Factors affecting the long-term results of the endodontics treatment. *J Endod* 1990;16: 498-504.
73. STUART C, SCHWARTZ S, BEESON T, OWATZ C. *Enterococcus faecalis*: Its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod.* 2006; 32: 93-98.
74. SUNDE P Y COLS. Microbiota of Periapical Lesions Refractory to Endodontic Therapy. *J Endodon* 2002;28:304-306.

75. TASMAN, F., CEHRELI, Z. Surface tension of root canal irrigants. *J of Endod.* 2000. 26(10): 586-587.
76. TAYLOR G. Técnicas avanzadas para la preparación y obturación intracanalicular en la terapéutica endodóncica sistemática. En *Clínicas Odontológicas de Norteamérica*, Ed. Interamericana. Vol. 4, 1984. Págs. 811-812.
77. TRONSTAD L Y COLS. Extraradicular endodontic infections. *Endod Dent Traumatol* 1987;3:86-90.
78. VAHDATY,T., PITT,R. Efficacy of chlorhexidine in disinfecting dentinal tubules in vitro. *Endod Dent Traumatol.*1993. 9:243-248.
79. WALKER, T., DEL RIO, C. Histological evaluation of ultrasonic debridement comparing sodium hypochlorite and water. *J of Endod.* 1991. 17(2): 66-69.
80. WALMSLEY A. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J.* 1987; 20:105-111.
81. WALTON, R., TORABINEJAD, M. *Endodoncia principios y práctica*. 2da Edición. Ed McGraw-Hill Interamericana. México. 1997.
82. WAPLINGTON M, LUMLEY P, BLUNT L. An in Vitro investigation in the cutting action of ultrasonic radicular access preparation instruments. *Endod Dent Traumatol.*2000; 16: 158-61.
83. Weine, F. S. *Tratamiento endodóncico*. Edit. Harcourt - Brace. 5º edición. 305- 394.
84. WHITE, R., HAYS,G. Residual antimicrobial activity after canal irrigation with chlorhexidine. *J of Endod.* 1997. 23(4): 229-231.
85. YANG, S., RIVERA, E. Canal debridement: effectiveness of sodium hypochlorite and calcium hydroxide as medicaments. *J of Endod.* 1996. 22(10): 521-524.
86. YESILSOY, C., WHITAKER,E. Antimicrobial and toxic effects of established and potential root canal irrigants. *J of Endod.* 1995. 21(10):513-515.
87. ZEHNDER M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006; 32(5):389-98.