



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ESPECIALIZACIÓN EN ENDOPERIODONTOLOGÍA

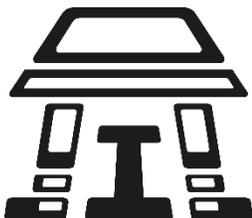
Efectividad del gluconato de clorhexidina al 0.12% y al 2% contra el *Enterococcus faecalis* en diferentes presentaciones comerciales aplicando irrigación convencional y ultrasónica en distintos tiempos en el conducto radicular.

T E S I S

**PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN
ENDOPERIODONTOLOGÍA**

**PRESENTA:
C.D. Priscila Rivera Rivera**

**DIRECTOR DE TESIS:
Dr. Eduardo Fulgencio Llamosas Hernández**



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla Estado de México, 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



RECONOCIMIENTO

Otorgo mi reconocimiento especial a la Especialización en Endoperiodontología de la División de Investigación y Posgrado de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FESI) de Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado y por brindarme los conocimientos para mi formación y desarrollo como especialista en esta área de la odontología.

De igual manera ofrezco un gran reconocimiento al laboratorio de Farmacognosia de la Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO) en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FESI) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ya que el presente trabajo de investigación como proyecto de tesis se realizó en dicho laboratorio.

La tesis fue dirigida por:

Dr. Eduardo Fulgencio Llamosas Hernández

Y revisada por el siguiente jurado:

Mtro. Javier Antonio Garzón Trinidad

Esp. Juan Ángel Martínez Loza

Esp. Iván García Guerrero

El área experimental en laboratorio fue dirigida por:

Dra. María Margarita Canales Martínez.



AGRADECIMIENTOS

Brindo mis más sincero y respetuoso agradecimiento a mis profesores, quienes marcaron mi especialidad, siendo este nuevo logro una muestra de constancia, conocimientos y aprendizaje. El concluir esta tesis de investigación y obtener el grado de especialista es en gran parte gracias a ustedes, ya que me han guiado en este proyecto desde que inicie con ímpetu mi posgrado. Agradezco la vocación de enseñar que siempre me demuestran, la amistad y confianza que nunca me ha faltado, el apoyo y paciencia que considero es una cualidad única de los que transmiten sus conocimientos.

Agradezco de forma especial al Esp. Abel Gómez Moreno por su actitud amigable, carismática y su sonrisa muy característica, estoy infinitamente agradecida por brindarme lo mejor de él desde la licenciatura para que desempeñara un lugar ejemplar en la odontología y por inspirarme el amor hacia la Endodoncia desde que inicie mis estudios en esta área. Es muy lamentable la partida al cielo de un gran profesor y amigo como lo era el, sin embargo, dejó una huella memorable en mi vida profesional y es y será siempre un eje de lo que ahora soy como especialista. Descanse en paz.

Expreso mi enorme gratitud al Dr. Llamosas por sus porras, por su alegría y por sus palabras de motivación conmigo. Las pláticas que mantuvimos marcaron mi desempeño para que diera lo mejor de mí en la especialidad. Me demostró su dedicación y compromiso hacia la universidad y con cada alumno. Es un gusto el haberlo conocido y que se haya convertido en uno de los profesores que conservo su valiosa, sincera y fina amistad. Lo quiero mucho.



Gratifico al Dr. Garzón por iluminar mis días en la especialidad, cada día me exigió para que fuera mejor, para que estudiara aún más y para que aspirara a más. Fue sumamente significativa la oportunidad que me dio de participar en el encuentro de posgrados nacional, de la cual aprendí muchas cosas y ahora es un recuerdo maravilloso. El apoyo en la especialidad, en el diplomado y su infinita paciencia de guiarme en muchos aspectos son parte de mis agradecimientos a usted. Las muestras de su cariño son correspondidas de mi parte.

Gracias al Dr. Juan Ángel por sus conocimientos compartidos, por otorgarme la oportunidad de pertenecer al posgrado de Endoperiodontología, por ser un ejemplo de disciplina, por demostrarme que la perseverancia es el camino para alcanzar las metas más anheladas, pero sobre todo por forjarme para concluir este trabajo de tesis, y poder culminar el posgrado con la titulación.

Agradezco al Dr. Iván García por la guía académica y profesional durante el posgrado, una muestra enorme de compañerismo y amistad durante el diplomado y el impulso para aprender y llevar a la práctica clínica técnicas novedosas en el área de nuestra especialidad, ya que me oriento para usar técnicas de termo compactación mediante sistemas de gutapercha líquida, esa oportunidad de utilizar su equipo me motiva enormemente a seguir aprendiendo.

Y para concluir le otorgo mi agradecimiento a la Dra. Margarita por la oportunidad de formar parte de una experiencia única y diferente en el laboratorio de microbiología, me di cuenta el trabajo duro detrás de un proyecto de investigación experimental, siempre creo un ambiente interesante y motivador, estoy infinitamente agradecida por que usted sea parte de esta tesis y haberla conocido. Usted siempre inspira y crea admiración por lo que implica su trabajo y sus grandes conocimientos.



DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a cada uno de mis seres queridos, quienes han aportado lo mejor para seguir adelante en mi meta que ha sido obtener mis estudios de posgrado.

Es para mí una gran satisfacción dedicarles esta tesis para obtener un grado de especialista que ha sido el resultado de mucho esfuerzo y entusiasmo con el propósito de ser cada día mejor profesionalista en el área de la salud bucodental.

A mi padre el Dr. Raúl Rivera Gasca que me brindo su apoyo incondicional en cada una de mis etapas académicas, profesionales y personales dándome siempre impulso para alcanzar mis metas más anheladas. Papi las bases que me ayudaste a construir son de gran importancia y soy aún más consciente de los valores que me inculcaste, siempre has pertenecido a mis logros y ahora desde el cielo, sé que me brindas luz y fuerzas para seguir adelante, estuviste en los momentos más importantes de mi vida incondicionalmente y hasta el fin. Gracias por tu muestra de orgullo que tenías siempre hacia mí, la cual me motiva a seguir creciendo. Te amare por siempre papi.

A mi madre la Dra. Marina de la Paz Rivera Macias por compartir conmigo muchos momentos tanto alegres como tristes, por siempre tener una mano para levantarme de cualquier situación, por su muestra de amor sin límites y formarme como una gran mujer tal como ella lo es. Gracias Mami por hacerme ver la vida de una manera optimista y por enseñarme a vivirla siempre feliz, por el apoyo de mis sueños, por ser mi aliada en todo lugar y porque siempre has estado para mí en toda circunstancia y tu esfuerzo infinito por vernos brillar ha sido impresionante e invaluable. El orgullo que tu sientes por mí, también yo lo siento por ti. Te amo mucho Mami.



Dedico de manera especial a mi hermana Dra. Dulce Rivera Rivera pues ha sido un pilar esencial en mi vida para motivarme a seguir adelante a pesar de las adversidades que se nos presenten y tener siempre deseos de superación, luchando día a día para cumplir nuestros propósitos. Eres mi mejor amiga, mi tesoro y una de las personas que más quiero en este mundo. Gracias Dulce por tu paciencia, complicidad, compañerismo, admiración, solidaridad y tu gran corazón, características que nos demuestran diariamente el poder incondicional de la hermandad, te amo desde antes que nacieras y te amo cada día más Duly siempre estaré para ti en lo que necesites.

A mi novio el Dr. Enrique Takeshi Saiki Ramos le expreso mi gratitud por la demostración de apoyo, amor y emoción para que cumpliera mi sueño de ser especialista, siempre me motivo y ayudó estableciendo una gran confianza en mí en momentos buenos y en momentos difíciles, aprendí de ti que culminar un estudio de posgrado es una gran satisfacción y hay que cumplir nuestras más profundas ilusiones. Take eres una persona muy importante y valiosa en mi vida y me has visto crecer en diferentes etapas de mi vida y hemos compartido muchos momentos, hoy mucho amor te brindo una dedicatoria recordándote lo mucho que te amo y que siempre te apoyare en lo que desees como tú lo has hecho conmigo.



ÍNDICE

Introducción.....	1
Planteamiento del problema.....	2
Objetivos generales y específicos.....	4
Justificación.....	4
Marco teórico.....	5-36
• Relación anatómica y fisiológica entre pulpa y periodonto.....	6
• Vías de comunicación entre pulpa y periodonto.....	9
• Microbiología en endodoncia.....	11
• Biofilm en infección endodóntica.....	13
• Características generales de los Enterococos.....	15
• <i>Enterococcus faecalis</i> como patógeno en el sistema de conductos radiculares.....	16
• Prevalencia de <i>Enterococcus faecalis</i> en infecciones del conducto radicular.....	18
• Tipos de infección en endodoncia.....	19
• Patología periapical.....	22
• Patogénesis de la periodontitis apical.....	22
• Patogenicidad y virulencia bacteriana en el desarrollo de enfermedad periapical.....	24
• Terapia endodóntica.....	25
• Irrigación en endodoncia.....	25
• Objetivos de la irrigación del sistema de conductos radiculares.....	26
• Soluciones irrigantes antisépticas.....	27
• Clorhexidina.....	29
• Sustantividad.....	30
• Eficacia de la clorhexidina contra el <i>Enterococcus faecalis</i>	31
• Sistemas utilizados en la irrigación endodóntica.....	32
• Irrigación ultrasónica pasiva.....	33
• Instrumentación del sistema de conductos radiculares.....	34



- Sistema de instrumentación rotatoria y su implicación con la irrigación del sistema de conductos radiculares.....34
- Importancia de la obturación endodóntica.....36

Hipótesis.....37

Metodología de la investigación.....38-39

- Tipo y diseño de estudio.....38
- Población y muestra.....38
- Criterios de inclusión.....39
- Criterios de exclusión.....39
- Variables.....39
- Definición de variables.....39

Método.....40

- Preparación inicial y estandarización de colonias bacterianas.....41
- Preparación de conductos radiculares.....44
- Grupos control negativos.....46
- Grupos control positivos.....46
- Grupos experimentales.....48
- Obtención de resultados.....51

Consideraciones éticas y legales.....53

Resultados.....54

- Conteo de UFC en concentrado de agar división A de caja de Petri septada a los 5 minutos. Grupos control.....55
- Conteo de UFC en concentrado de agar división A de caja de Petri septada a los 10 minutos. Grupos control.....55
- Conteo de UFC en concentrado de agar división A de caja de Petri septada a los 15 minutos. Grupos control.....56



- Conteo de UFC en concentrado de agar división A de caja de Petri septada a los 5 minutos. Grupos Experimentales.....56
- Conteo de UFC en concentrado de agar división A de caja de Petri septada a los 10 minutos. Grupos Experimentales.....57
- Conteo de UFC en concentrado de agar división A de caja de Petri septada a los 15 minutos. Grupos Experimentales.....57

Análisis de resultados.....59-63

- Estadística descriptiva. % de efectividad del gluconato de clorhexidina contra el *Enterococcus faecalis*.....60
- Estadística descriptiva de los resultados por tiempo a los 5 minutos.....61
- Estadística descriptiva de los resultados por tiempo a los 10 minutos.....62
- Estadística descriptiva de los resultados por tiempo a los 15 minutos.....63

Discusión.....64-68

Conclusiones.....68

Referencias bibliográficas70-77

Anexos



RESUMEN

La infección persistente del conducto radicular es debido a la presencia de especies bacterianas de resistencia, como el *Enterococcus faecalis*, el cual es un anaerobio facultativo Gram positivo y es la especie más común en el fracaso del tratamiento endodóntico, ya que este patógeno prevalece e induce daño en el área periapical dando lugar a cambios inflamatorios provocando la periodontitis apical.

Las infecciones endodónticas se deben tratar mediante procedimientos químicos y mecánicos. La irrigación es relevante en la eliminación de microorganismos, sin embargo, se disminuye en tiempo por el uso de sistemas rotatorios, por lo tanto, su efectividad es limitada provocando una deficiente desinfección del sistema de conductos.

Existen diferentes soluciones irrigantes para la erradicación bacteriana en endodoncia, en base a esta investigación existen diversos estudios que demuestran que el gluconato de clorhexidina surge como una opción alterna en la irrigación de conductos debido a su potente acción antimicrobiana y elevada sustentividad al compararlo con el hipoclorito de sodio.

El objetivo de este estudio es comparar la eficacia de la irrigación con clorhexidina al 0.12% y 2% en diferentes presentaciones comerciales en la desinfección del sistema de conductos inoculados *In vitro* con el *E. faecalis* y así demostrar la eficacia de dichas sustancias en diferentes tiempos de exposición, valorando si la técnica de irrigación convencional o ultrasónica; influye en los resultados obtenidos.

En base al conteo de UFC (unidad formadora de colonias) de los conductos evaluados a los 5, 10 y 15 minutos se determinó la eficacia de la clorhexidina en sus tres diferentes presentaciones con técnica de irrigación convencional y ultrasónica.

Palabras clave: *Enterococcus faecalis*, Clorhexidina, Ultrasonido, irrigación endodóntica, periodontitis apical.



ABSTRACT

Persistent root canal infection is due to the presence of resistance bacterial species, such as *Enterococcus faecalis*, which is a Gram positive facultative anaerobe and is the most common species in failure of endodontic treatment, because this pathogen prevails and induces damage to the periapical area leading to inflammatory changes causing apical periodontitis.

Endodontic infections must be treated by chemical and mechanical procedures. Irrigation is relevant in the elimination of microorganisms, however, it is decreased in time by the use of rotary systems, therefore, it's effectiveness is limited, causing poor disinfection of the canals system.

There are different irrigating solutions for bacterial eradication in endodontics. Based on this research, there are several studies that show that chlorhexidine gluconate appears as an alternative option in root canal irrigation due to its powerful antimicrobial action and high substantivity when compared to hypochlorite of sodium.

The objective of this study is to compare the efficacy of irrigation with 0.12% and 2% chlorhexidine in different commercial presentations in disinfecting the in vitro inoculated canals system with *E. faecalis* and thus demonstrate the efficacy of these substances at different times of exposure, assessing whether the conventional or ultrasonic irrigation technique; influences the results obtained.

Based on the CFU (colony-forming unit) count of the canals evaluated at 5, 10 and 15 minutes, the efficacy of chlorhexidine was determined in its three different presentations with conventional and ultrasonic irrigation technique.

Key words: *Enterococcus faecalis*, Chlorhexidine, Ultrasound, endodontic irrigation, apical periodontitis.



INTRODUCCIÓN

La presencia de infección persistente es la principal causa del fracaso en el tratamiento endodóntico ¹. Existen ciertas especies microbianas encontradas en el sistema de conductos radiculares como son los anaerobios Gram positivos y facultativos, estos prevalecen en el área periapical, induciendo la inflamación de tejidos periodontales y provocando lo que se conoce como periodontitis apical ².

Los enterococos, especialmente el *Enterococcus faecalis* es la especie bacteriana que mejor se adapta al hábitat de un conducto radicular ³, ya que posee capacidad de formar biofilm presentándose en el conducto principal, istmos, curvaturas, conductos laterales, deltas apicales y túbulos dentinarios; por otra parte, puede resistir el procedimiento quimiomecánico, complicando su eliminación. El *E. faecalis* ha sido de gran interés cuando investigadores comenzaron a determinar la asociación de *E. faecalis* con infecciones endodónticas, utilizando técnicas de cultivo microbiológico demostrando su presencia en infecciones intrarradiculares persistentes después de un fracaso en el tratamiento de conductos ⁴.

Durante el proceso del tratamiento es necesario tener presente los principios endodónticos fundamentales entre los que se encuentran la limpieza dada de forma mecánica y química. El uso de sistemas rotatorios tiene como beneficio disminuir el tiempo de trabajo en la preparación biomecánica. Si bien la conformación mecánica es esencial, se requiere del empleo de sustancias químicas para remover tejido pulpar, desechos inorgánicos y población bacteriana de los conductos. Esto es indispensable ya que la instrumentación sola es incapaz de limpiar adecuadamente el sistema de conductos, en gran parte debido a su compleja anatomía radicular.

La irrigación cumple un papel esencial en la eliminación de microorganismos, sin embargo, actualmente se disminuye en tiempo debido al uso de sistemas rotatorios, por lo tanto, su efectividad es limitada provocando una deficiente desinfección del sistema de conductos, esto conlleva a utilizar diversas soluciones de irrigación durante el



tratamiento. Entre los irrigantes más efectivos se encuentra la clorhexidina siendo una molécula catiónica que puede usarse durante el tratamiento endodóntico ya que posee una amplia gama de actividad antimicrobiana. Asimismo, debido a su estructura catiónica, la clorhexidina tiene una propiedad única denominada sustantividad ⁵. Además, existe un procedimiento en el cual el irrigante es activado mediante energía ultrasónica, en el que aumenta el potencial de acción del irrigante ya que es capaz de penetrar con mayor eficacia en áreas de difícil acceso en comparación con una irrigación convencional ^{6,7}.

La erradicación de *E. faecalis* en el área endodóntica sigue siendo un desafío por ello este estudio pretende comparar la efectividad de la clorhexidina a diferentes concentraciones y en diversas presentaciones contra este patógeno, además de si al ser activados tienen mayor efectividad o si esta se ve afectada de acuerdo con el tiempo de irrigación. Para llevar a cabo lo anterior se utilizaron 55 dientes unirradiculares anteriores y posteriores, sobre los que se determinó la conductimetría mediante radiovisiógrafo, posteriormente se realizó el proceso de instrumentación con limas Protaper Universal, con su correspondiente irrigación dentro de los mismos protocolos, combinando esta parte del tratamiento con la activación ultrasónica y obteniendo las muestras con una lima ISO 30 tipo Hedstroem a los 5, 10 y 15 minutos, para comprobar así la efectividad que presentó la clorhexidina en distintas concentraciones y presentaciones comerciales.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La eliminación de microorganismos de los conductos radiculares es un objetivo difícil debido al sistema de conductos tan complejo que tiene un órgano dentario, ya que cuenta con un conducto principal, conductos secundarios a éste y además una serie de conductos accesorios ⁸, lo que impide a las soluciones irrigantes, poder penetrar para desalojar el lodo dentinario y microorganismos encontrados en los túbulos dentinarios ⁹.



Se han descrito numerosas medidas para reducir el número de microorganismos del conducto radicular, incluido el uso de diversas técnicas de instrumentación biomecánica, regímenes de irrigación y medicamentos intraconducto, sin embargo, actualmente no existe evidencia en la literatura de que la instrumentación mecánica por sí sola resulte en un sistema de conductos radiculares libres de bacterias ¹.

Asimismo con el uso de los sistemas rotatorios en endodoncia, el tiempo del proceso del tratamiento endodóntico se ha reducido y tomando en cuenta que la preparación biomecánica no es únicamente la conformación del conducto, sino que también se debe irrigar para eliminar el detritus y las bacterias que ahí se encuentran ¹⁰, con ello surge la idea, si la irrigación con la clorhexidina será ideal y más aún si el tiempo de trabajo es suficiente para que esta sustancia alcance la efectividad deseada, sobre todo con aquellas bacterias que tienen apego a estar dentro de los túbulos dentinarios como lo hace el *E. faecalis*, que acorde a sus características como bacteria Gram positiva y su capacidad de ser anaerobia facultativa, la vuelve más resistente a las condiciones carentes de oxígeno y alimento que encontramos en el conducto radicular ¹¹ y que a muchas de las bacterias que se encuentran en la cavidad oral las afectan. Siendo ésta la causante principal de los fracasos en el tratamiento de conductos, las infecciones pulpo-periapicales y en algunos casos también de las periodontales^{12,13}. Es primordial su eliminación del conducto, para lo que se han establecido a través de los años ciertos criterios a considerar, como el tener una concentración mayor del irrigante, o bien utilizar la clorhexidina ⁵ ya que se considera un bactericida de amplio espectro y que estos no actúen por sí solos dentro del conducto, sino que hay que activarlo mediante energía ultrasónica para mejorar su efecto, pero lo más importante es utilizar la técnica de limpieza y conformación correctamente, cuidando tener siempre pulcritud y un seguimiento idóneo de los pasos a efectuar. Estos puntos son importantes en la eliminación del *E. faecalis*, pero no en su totalidad.



OBJETIVOS:

GENERALES:

- Determinar la efectividad que tiene el Gluconato de Clorhexidina en diferentes presentaciones comerciales contra el *Enterococcus faecalis*.

ESPECÍFICOS:

- Evaluar si el tiempo de latencia de la Clorhexidina dentro del conducto radicular modifica su efectividad contra el *Enterococcus faecalis*.
- Comparar la efectividad de la Clorhexidina en colutorio, en jeringa y frasco.
- Evaluar si la concentración de Clorhexidina modifica la erradicación del *Enterococcus faecalis*.
- Comparar la efectividad de la clorhexidina en una irrigación convencional contra la irrigación con el sistema de ultrasonido.

JUSTIFICACIÓN

Dado que las circunstancias que se presentan durante el tratamiento de conductos son distintas, se deben mencionar; primero que nada hay que entender que la conformación y preparación biomecánica del conducto radicular tiene como objetivo principal eliminar los restos de pulpa necrótica, detritus dentinarios y lograr la correcta desinfección de los conductos, para esto se utilizan sustancias irrigantes que permitan eliminar los microorganismos que se encuentran en la anatomía interradicular, siendo en este estudio la clorhexidina en distintas concentraciones y presentaciones; sin embargo sabemos de antemano que esto no es del todo efectiva y es por ello que se debe saber que tanto tiempo es el que debe estar el irrigante dentro del conducto para llegar a los niveles de desinfección deseados coadyuvando el protocolo de irrigación con sistema de ultrasonido.



Existe la necesidad de encontrar una técnica de desinfección intraconducto que elimine la mayor cantidad de microorganismos debido a que entre el 40 y 60% de los conductos presenta cultivos positivos tras la preparación mecánica y química convencional ¹⁴.

Es importante llevar a cabo una investigación comparando la capacidad antimicrobiana de la clorhexidina en diferentes concentraciones y en diferentes tiempos de acción, mediante la irrigación ultrasónica frente al *E. faecalis*, bajo condiciones iguales para poder determinar cuál de estas técnicas es la más efectiva y que conlleve un mayor éxito en el tratamiento endodóntico.

MARCO TEÓRICO

En la actualidad, la terapia endodóntica tiene una alta tasa de éxito dado el avance en técnicas de limpieza y desinfección ¹⁵ así como en el desarrollo de nuevos instrumentos de níquel titanio ¹⁶, pero la diversidad de microorganismos presentes en los conductos radiculares infectados constituye aún un problema para el clínico, condicionando a fracasos en algunos tratamientos dada su alta resistencia a través de la formación de biofilms como es el caso del *Enterococcus faecalis* ¹⁷. Las investigaciones microbiológicas de los últimos años demuestran que en fracasos endodónticos hay una mayor prevalencia de *E. faecalis* por contaminación primaria, organismo que es muy resistente en medios alcalinos ¹⁷. Dado al uso de instrumentación manual o rotacional, en la actualidad, es necesario el uso de irrigantes para eliminar microorganismos y productos orgánicos en áreas anatómicas de difícil acceso.

La irrigación es uno de los aspectos más importantes de la preparación de conductos radiculares ya que permite eliminar (por remoción, disolución, o ambos) lodo dentinario presente en el interior del conducto creado como consecuencia de la instrumentación ¹⁸, su fin es reducir la cantidad de bacterias existentes en los conductos radiculares por el acto mecánico del irrigante y por la acción antibacteriana de la sustancia y, de este modo, facilitar la acción conformadora de los instrumentos endodónticos ¹⁸.



Relación anatómica y fisiológica entre pulpa y periodonto

Existe una íntima relación entre la pulpa y el periodonto. Esta relación es embriológica, anatómico-fisiológica y fisiopatológica. Desde el punto de vista embriológico, la pulpa y el periodonto tienen un origen mesodérmico común, y según los análisis anatómico-fisiológicos y fisiopatológicos, se encuentran importantes vías de continuidad en estos tejidos ¹⁹.

Durante el proceso de desarrollo dentario, el área original discernible de tejido mesenquimatoso condensado se divide por los elementos epiteliales del germen, en un saco dental y una papila. La confluencia continua de estos tejidos permanece en el área apical y por esto estructuralmente el tejido pulpar cercano al ápice, es similar al tejido conectivo del ligamento periodontal en esta área ¹⁹.

En cuanto al origen de los conductos laterales, secundarios y accesorios; se afirma que su presencia se debe a una interrupción en la continuidad de la vaina radicular; durante la formación de esta última; lo que produce una hendidura pequeña. Cuando esto sucede, la dentinogénesis no se desarrolla en la porción opuesta al defecto. El resultado es un pequeño conducto entre el saco dental y la pulpa. Es posible la formación de los conductos laterales, secundarios y accesorios en cualquier lugar a lo largo de la raíz que origina una vía de comunicación endodóntica-periodontal ²⁰. Dependiendo la disposición y ubicación se le otorga la denominación correspondiente (Fig.1). Estos conductos varían en morfología, pueden ser grandes o pequeños, múltiples o únicos. En los molares se pueden extender desde la cámara pulpar hasta la bifurcación, denominándose cavo interradicular ²¹.

Los conductos laterales son definidos por Pucci y Reig ²¹ como aquellos que se extienden desde el conducto radicular principal en dientes monorradiculares y multiradiculares, hacia el ligamento periodontal de forma perpendicular con una discreta inclinación que a veces no aparece, este ha sido denominado además como conducto adventicio ²¹.

Los conductos secundarios se extienden desde el conducto principal al ligamento periodontal en la región apical y los conductos accesorios se derivan de conductos secundarios ramificándose hacia el ligamento periodontal en la región apical (Fig.1)^{16, 17}.

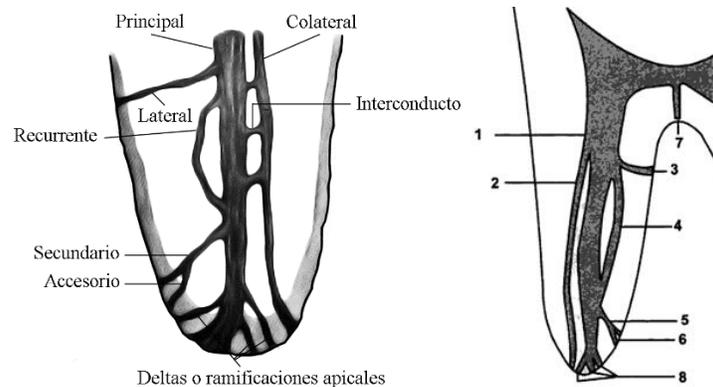


Fig. 1. Conducto radicular principal y sus ramificaciones. 1. Conducto principal. 2. Conducto colateral. 3. Conducto lateral. 4. Conducto recurrente. 5. Conducto secundario. 6. Conducto accesorio. 7. Conducto cavo interradicular. 8. Delta apical
Álvarez Valls L. Endodoncia. La Habana: Pueblo y Educación; 1977.

Se ha demostrado que la comunicación vascular que existe entre la pulpa y el periodonto es a través de los conductos laterales y secundarios. Estos conductos representan la comunicación original entre el saco y la papila dental, estando presente la mayoría en la mitad apical de la raíz excepto en los dientes multirradiculares en los cuales existen numerosas comunicaciones en el área interradicular ¹⁹.

La prevalencia de estas ramificaciones fue estudiada, entre otros, por De Deus ²², quien reportó la presencia de conductos laterales, secundarios y accesorios en 313 dientes correspondientes a un 27,4% de un total de 1,140 dientes estudiados, dentro de los cuales se encontraban dientes monorradiculares y multirradiculares superiores e inferiores. Los conductos laterales fueron observados en un 10,4%, los secundarios en una frecuencia de 16,4% y los conductos accesorios en 0,6%.



Dentro de la anatomía radicular; el foramen apical es la principal salida del conducto radicular, mientras que el delta apical, está constituido por las múltiples terminaciones de los distintos conductos que alcanzan el foramen apical, formando un delta de ramas terminales ²³.

Desde el punto de vista endodóntico, estos conductos son tratados únicamente al irrigar o colocar medicación en la cámara pulpar, generalmente estos permanecen permeables lo que puede resultar en un ingreso de fluidos y bacterias desde el periodonto ²⁴.

Por otra parte, entre la dentina y la pulpa existe un intercambio activo y a través de este, la pulpa puede afectarse o la dentina remineralizarse, por lo que la pulpa y la dentina pueden considerarse tejidos interconectados que comparten una función importante en la Biología y Fisiopatología dentaria, a esta unión se le ha denominado complejo dentinopulpar ²⁵. Este complejo funcional es protegido tanto por sustancias exógenas de la cavidad bucal como por estructuras dentarias las cuales corresponden al esmalte y cemento. Cuando el complejo dentino-pulpar es infectado, los tejidos reaccionan en contra de dichos microorganismos con el propósito de erradicarlos mediante procesos inmunocompetentes ²⁵. Sin embargo, en términos clínicos, si la infección no es erradicada a través de esos procesos naturales o procedimientos operatorios, los microorganismos invaden el complejo dentino-pulpar venciendo las defensas y causando la enfermedad pulpar, e infectando la cámara pulpar y el sistema de conductos radiculares ²⁶. Además, este complejo posee estructuras denominadas túbulos dentinarios alojados en la dentina los cuales presentan en su interior prolongaciones citoplasmáticas del odontoblasto proveniente de la pulpa ofreciendo una comunicación entre el área endodóntica y el periodonto (Fig.2) ²⁶.

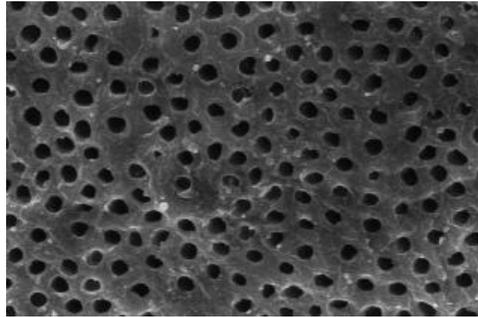


Fig. 2. Superficie dentinaria con túbulos abiertos, una vez eliminando el barrillo dentinario con ácido ortofosfórico
Jiménez PA, Llamas CR, Herrera EI, Egea SJ, Marzanus JR. Modificación de la permeabilidad dentinaria por la aplicación de determinados materiales. Odontología General: endodoncia; 2001.

Vías de comunicación entre pulpa y periodonto

- Túbulos dentinarios: Son las unidades estructurales básicas que constituyen la dentina siendo estructuras cilíndricas delgadas que se extienden por todo el espesor de la dentina desde la pulpa hasta la unión amelodentinaria o cementodentinaria. En su interior, el túbulo contiene líquido tisular y la prolongación odontoblástica principal, también llamada fibrilla de Tomes ²⁷.

En la dentina coronaria, los túbulos siguen un trayecto doblemente curvo en forma de "S" itálica, sin embargo, en las zonas cuspídeas o incisales el trayecto es prácticamente rectilíneo ²⁸. En la zona radicular, los túbulos exhiben una curvatura poco pronunciada. Todas estas trayectorias se originan como consecuencia del apiñamiento progresivo de los odontoblastos durante la formación de la dentina. Como resultado de ese apiñamiento, hay muchos más túbulos dentinarios por unidad de superficie en las capas de dentina próximas a la pulpa (aproximadamente 45.000 por mm²), que en las regiones más externas de la dentina (aproximadamente de 15.000 a 20.000 por mm²). La exposición de estos túbulos puede ser causada por defectos en la formación del diente, procesos de enfermedad y procedimientos quirúrgicos o periodontales. La hipersensibilidad en el área cervical del diente es un ejemplo de la comunicación pulpo-periodontal a través de esta vía ²⁷.

- Conductos laterales, secundarios y accesorios: Estos se encuentran en un 40% de los dientes ubicados principalmente a nivel del ápice y en la zona de bifurcación, y son capaces de comunicar las estructuras endodónticas y periodontales permitiendo de esta manera un intercambio de sustancias entre ambas estructuras. Se pueden extender a lo largo de toda la raíz, pero siendo a nivel del ápice el área más frecuente. Los conductos ubicados en la furca denominados cavo interradicular son una comunicación directa entre la pulpa y el periodonto a través de vasos contenidos dentro del conducto y de tejido conectivo ²⁹.
- Foramen apical: El foramen apical es la ruta principal de comunicación entre la pulpa y el periodonto, el cual permite una entrada de elementos inflamatorios a la pulpa como bacterias y toxinas que pueden salir fácilmente a través del foramen apical causando una patología periapical (Fig.3). También, la enfermedad periodontal tiene un efecto perjudicial acumulativo en el tejido pulpar, la desintegración de la pulpa es una certeza solo si hay compromiso de la placa bacteriana en el foramen apical comprometiendo el aporte vascular. Seguido de necrosis pulpar, algunos productos bacterianos como las enzimas, metabolitos, antígenos, entre otros, llegan al periodonto a través del foramen apical, iniciando la respuesta inflamatoria. Esto da resultado a una destrucción de fibras periodontales y reabsorción del hueso alveolar adyacente ³⁰.

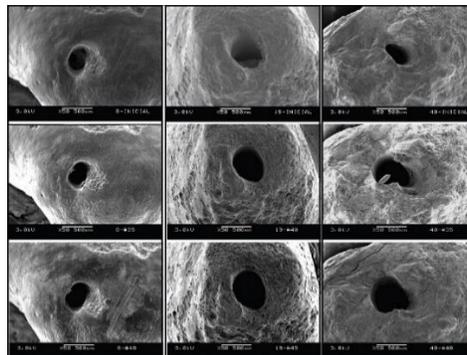


Fig. 3. Imágenes al microscopio del foramen apical
Silva JM, Brandão GA, Silva EJNL, Zaia, AA. Influence of working length and foraminal enlargement on foramen morphology and sealing ability. Indian J Dental Research. 2016; 27(1): 66.

- Ranura palato-gingival: Esta es una anomalía común de los incisivos laterales superiores (Fig.4). La ranura comienza en la fosa central o a través del cíngulo, extendiéndose a distancias variantes hacia el ápice. Esto proporciona un tipo embudo que retiene placa bacteriana. Estas ranuras están asociadas con bolsas periodontales profundas con defectos intraóseos. Están relacionadas con la incidencia de periodontitis localizada con o sin patología pulpar, dependiendo de la profundidad, extensión y complejidad de la ranura ³¹.

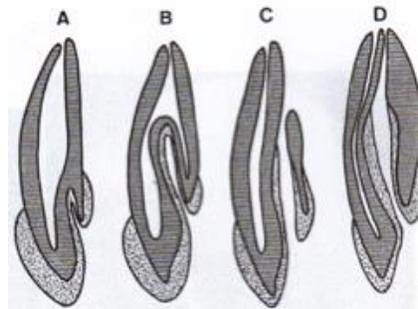


Fig. 4. Clasificación de invaginaciones coronarias según Oehlers: A. Tipo 1; B. Tipo 2; C. Tipo 3 con un segundo foramen en el área periodontal; D. Tipo 3 con un segundo foramen en el área periapical.
De Smit A, Demaut L. Nonsurgical endodontic treatment of invaginated teeth.
J Endod. 1982; 8(11): 506-11.

Microbiología en endodoncia

Las bacterias y sus productos tóxicos se consideran el principal agente etiológico en el sistema de conductos radiculares ya que establecen una importante función en el desarrollo de la patogénesis de enfermedades pulpares, periodontales o bien en conjunto de ambas denominadas endoperiodontales ³², debido a que el sistema de conductos radiculares se encuentra en íntima comunicación con los tejidos periodontales los cuales son el ligamento periodontal, hueso alveolar y cemento; mediante vías de difusión como el foramen apical, conductos laterales, accesorios y túbulos dentinarios ²⁶.



W.D. Miller, el padre de la microbiología oral, fue el primer investigador que vinculó la enfermedad pulpar con la presencia de bacterias en el año de 1890 ³³, posteriormente en 1965 fue dada una evidencia importante sobre lo que significa la respuesta inflamatoria periapical ante la presencia de bacterias en el conducto radicular, cuando Kakehashi, Stanley y Fitzgerald, usaron ratas gnotobióticas (criadas sin gérmenes) y ratas convencionales, para demostrar que sólo en presencia de bacterias se podía inducir necrosis de la pulpa y periodontitis apical en dientes cuyas pulpas fueron expuestas al ambiente oral. En las ratas gnotobióticas se observó el nulo desarrollo de lesión periapical y además el intento de reparación pulpar con la formación de puentes de osteodentina ³⁴.

Las infecciones endodónticas son mixtas, de etiología polimicrobiana y con predominio de bacterias anaerobias estrictas, evidenciándose múltiples factores de virulencia en los microorganismos presentes en las mismas, ya sean los productos segregados como enzimas, exotoxinas, proteínas de shock térmico o los productos estructurales como son los lipopolisacáridos, los peptidoglucanos, el ácido lipoteicoico, las fimbrias, flagelos, proteínas y vesículas de la membrana exterior, las lipoproteínas, el ADN y los exopolisacáridos ²⁰.

La organización de microcolonias dentro de la comunidad microbiológica endodóntica puede ser dictada por los determinantes ecológicos que ocurren en diferentes partes del sistema de conductos radiculares. Por esta razón tanto la tensión de O₂, como el potencial de oxido-reducción del tercio coronal de los conductos, son presumiblemente más altos que en otras partes; los anaerobios facultativos pueden predominar en tales regiones. De otro modo, la proporción de anaerobios es significativamente más alta en el tercio apical del conducto radicular, particularmente debido a las condiciones anaeróbicas del ambiente. Esto tiene importancia ecológica y permite el establecimiento y supervivencia de determinadas especies en el sistema de conductos radiculares ³⁵.



La baja tensión de oxígeno en el tercio apical del conducto conduce al establecimiento de bacterias anaerobias estrictas. Además, las bacterias ubicadas en la parte apical del conducto pueden obtener diversos nutrientes de los fluidos tisulares y el exudado inflamatorio presente en el límite entre los tejidos perirradiculares y el conducto radicular infectado. Esto puede favorecer el establecimiento de bacterias que usan proteínas como principal fuente nutricional en el segmento apical del conducto y ayuda a explicar porque algunas bacterias, tales como *Porphyromonas*, *Peptostreptococcus*, *Prevotella* y *Fusobacterium*, han sido reportadas como miembros comunes de la microbiota instalada en esta área ³⁶.

Biofilm en infección endodóntica

La definición de biofilm dada por Hall-Stoodley, determina que son poblaciones de microorganismos que se concentran en una interfaz y típicamente rodeadas por un polímero extracelular que se presentan en la sustancia matriz ³⁷. Este ensamblaje de microorganismos y sus productos extracelulares sobre una superficie biótica o abiótica representa un sistema biológico con un elevado nivel de organización, donde forman comunidades estructuradas, coordinadas y funcionales (Fig.5) ³⁸.

Los polisacáridos extracelulares que conforman la matriz proveen una reserva de sustrato para las bacterias, siendo importante para la supervivencia y el crecimiento continuo fuera del conducto radicular, así como representar una barrera de difusión, lo cual pudiera ser una razón para la difícil erradicación de las bacterias extrarradiculares mediante la antibiòticoterapia sistémica ³⁹.

La biopelícula proporciona resistencia a sus habitantes, por ejemplo, los patógenos viviendo en estos agregados microbianos, resisten las fuerzas físicas. De igual manera, pueden soportar privaciones de nutrientes, cambios de pH y radicales de oxígeno mejor que los organismos planctónicos; además de resistir a la fagocitosis; incluso, estos

fagocitos que intentan atacar pueden causar más daño sobre los tejidos circundantes que a la biopelícula como tal ⁴⁰.

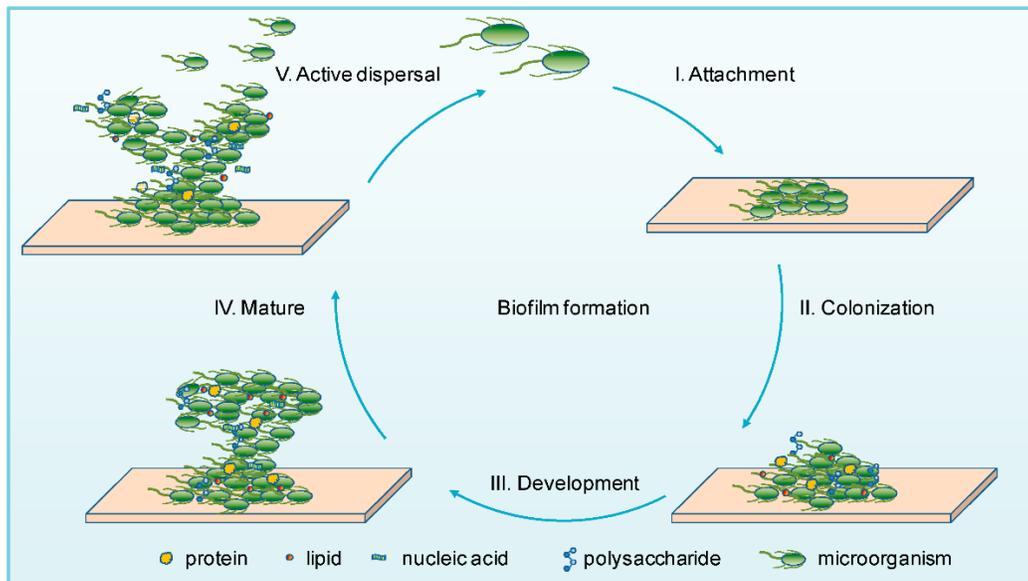


Fig. 5. Etapas de formación del biofilm
Yin, Wen, et al. Biofilms: The Microbial “Protective Clothing” in Extreme Environments.
International journal of molecular sciences. 2019; 20(14): 3423.

La capacidad de las bacterias endodónticas para organizarse en biofilms es de gran interés terapéutico en la endodoncia ya que se adhieren en las paredes del conducto o se sitúan en istmos y ramificaciones siendo más difícil de alcanzar y erradicar. Se han observado muchas bacterias bajo el biofilm invadiendo los túbulos dentinarios, que también plantean un problema para la desinfección. Algunas paredes cubiertas de biofilm del conducto principal pueden permanecer intacto por los instrumentos, ya que es irregular, aplanado u oval en sección transversal ⁴¹.



Características generales de los Enterococos

Los enterococos son microorganismos que forman parte de la microbiota en la cavidad bucal y el tracto gastrointestinal y han sido reconocidos como potenciales patógenos humanos causando el 12% de las infecciones nosocomiales ⁴².

Los enterococos son cocos Gram positivos que se visualizan como células aisladas, con formas esféricas u ovoides de tamaño $0.6 - 2.0 \times 0.6 - 2.5 \mu\text{m}$, se observan en parejas o bien en cadenas cortas. Son anaerobios facultativos, ya que, aunque carecen de catalasa, poseen superóxido dismutasa y peroxidasa que eliminan el O_2 y el H_2O_2 , respectivamente, que se generan en condiciones de aerobiosis ⁴³. Catabolizan una gran variedad de fuentes energéticas incluyendo carbohidratos, glicerol, lactato, malato, citrato, arginina, agmatina, y α -ceto ácidos ⁴⁴.

Los enterococos sobreviven en condiciones ambientales muy adversas, de modo que soportan niveles de pH de 9.6 así como elevadas concentraciones de cloruro sódico (NaCl) ⁴⁵. Son resistentes a sales biliares, detergentes, metales pesados, etanol, azida y a la desecación ⁴⁴. Crecen entre 10 y 45°C y sobreviven a 60°C durante 30 minutos ⁴⁵.

Para que los enterococos puedan actuar como patógenos primero deben adherirse a los tejidos del hospedero; éstos pueden hacerlo a través de adhesivos específicos a la matriz extracelular de los mismos. Durante el proceso de invasión a los tejidos, los enterococos deben encontrarse en un medio ambiente con potenciales de óxido reducción elevados, nutrientes esenciales limitados, leucocitos fagocíticos y otras defensas del hospedero. Todos estos factores ayudan a que se expresen genes que favorecen el crecimiento del microorganismo ⁴⁶.

Los enterococos poseen habilidades únicas y potenciales de intercambiar material genético entre ellos mismos y con otros microorganismos. Existen al menos tres sistemas de conjugación a través de los cuales los enterococos pueden transferir naturalmente elementos genéticos. El primero, la presencia de plásmidos que poseen información genética para la receptividad de las feromonas únicamente descritos para los



enterococos. Segundo, una variedad de plásmidos que fácilmente son transferidos a baja frecuencia entre enterococos, especies de *Streptococcus*, *Staphylococcus aureus*, especies de *Lactobacillus* entre otras; y tercero, el intercambio genético conjugativo que ocurre entre factores que se encuentran en la membrana de numerosas bacterias Gram negativas y Gram positivas ⁴⁶.

Existen 23 especies pertenecientes al género *Enterococcus* y éstas a su vez se dividen en 5 grupos basados en su interacción con el manitol, el sorbitol y la arginina. *Enterococcus faecalis* pertenece al mismo grupo del *Enterococcus faecium*, *Enterococcus casseliflavus*, *Enterococcus mundtii* y *Enterococcus gallinarum*. *E. faecalis* responde negativamente a la arabinosa y excepto por algunas variantes atípicas, es el único miembro del grupo que utiliza el piruvato y tolera el telurito ⁴⁵.

***Enterococcus faecalis* como patógeno en el sistema de conductos radiculares**

Enterococcus faecalis ha sido el microorganismo mayormente aislado de las lesiones perirradiculares persistentes al igual que en el fracaso del tratamiento endodóntico. Se considera una de las especies bacterianas de resistencia gracias a la presencia de factores de virulencia entre los que se incluyen: enzimas, líticos, citolisina, ácidos lipoteicoicos, sustancia de agregación y las proteínas de superficie entre otros ¹, así como también por la capacidad de formación de biopelículas, este microorganismo puede penetrar profundamente en el interior de los túbulos dentinarios, adherirse al colágeno de las paredes de dentina radicular y así sobrevivir a los protocolos de irrigación y de medicación intraconducto utilizados en la terapia endodóntica ⁴⁵.

Este microorganismo es un anaeróbico facultativo Gram positivo. Algunas de las características predominantes de esta especie bacteriana son la resistencia ante los agentes antibacterianos, resistencia a ácidos y entornos básicos, la capacidad de invadir túbulos dentinarios, adhesión a las superficies de la dentina, y la capacidad de proliferar



en una amplia gama de variaciones de temperatura y también en presencia de soluciones altamente salinas ⁴⁷.

Una característica importante es su habilidad para crecer en medios con pH ácido y alcalino, donde este último normalmente inhibe el crecimiento y supervivencia de otros muchos microorganismos. En relación con esto, McHugh y cols, evaluaron el pH necesario para inhibir su crecimiento y el experimento in vitro demostró que se necesita un pH mayor de 11 para su erradicación ⁴⁸.

Hay autores que sugieren que esta resistencia al pH se atribuye a la membrana citoplasmática y al sistema de transporte de protones vinculado al ATP ⁴⁹.

Se ha demostrado que estos microorganismos se adhieren a las células del huésped y expresan proteínas que permiten que compita con otras células bacterianas, y alterar las respuestas del huésped. *E. faecalis* es capaz de suprimir la acción de los linfocitos, contribuyendo a la falla endodóntica ¹. Estos factores pueden o no contribuir a las características innatas de *E. faecalis* para causar la enfermedad. Debido a que *E. faecalis* es menos dependiente de los factores de virulencia, siendo más relevante su capacidad para sobrevivir y persistir como un patógeno en los conductos radiculares ⁶ lo que consigue por diversos motivos:

- Presenta una amplia variedad de polimorfismos genéticos ⁵⁰.
- Produce gelatinasa y proteína de unión al colágeno (Ace) que le ayuda a unirse a la dentina ⁵¹.
- Su tamaño es lo suficientemente pequeño como para invadir, así como vivir en los túbulos dentinarios ⁵².
- Puede subsistir largas temporadas de escasez de nutrientes y utilizar el suero como fuente de alimento. Además, el suero procedente del hueso alveolar y del ligamento periodontal le sirve de ayuda para unirse al colágeno tipo I ⁵².
- Resiste la medicación intraconducto con hidróxido de calcio durante más de 10 días en el interior de los túbulos dentinarios ^{53, 54}.



- Capacidad de crecer formando biofilm que ayuda a resistir su destrucción permitiendo que las bacterias se conviertan 1000 veces más resistentes a la fagocitosis, anticuerpos y antimicrobianos que los microorganismos que crecen en forma planctónica ⁵⁵.

E. faecalis puede entrar en el conducto radicular durante el tratamiento, entre las citas, o incluso después de que se ha completado el tratamiento. Por lo tanto, es importante considerar los regímenes de tratamiento dirigidos a eliminar o prevenir la infección de *E. faecalis* durante cada una de estas fases ⁶.

Prevalencia de *Enterococcus faecalis* en infecciones del conducto radicular

La prevalencia de *E. faecalis* es mayor en pacientes que están recibiendo un tratamiento o retratamiento endodóntico, en comparación con aquellos que no están siendo tratados. Se aísla tanto en infecciones endodónticas primarias como en secundarias o persistentes. En las infecciones primarias se encuentra entre un 4 y 40% y su presencia se asocia a periodontitis apical. La presencia de *E. faecalis* en infecciones endodónticas secundarias es 9 veces mayor que en las primarias, y la prevalencia oscila entre 24 y 77%. Este amplio rango se debe, entre otros, a las diferentes pruebas de identificación y al tamaño de la muestra ⁵⁶. En la mayoría de estos estudios, la identificación se ha llevado a cabo mediante técnicas de cultivo y la prevalencia con estos medios ha sido entre un 24-70%. Otros autores han usado técnicas moleculares como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) siendo la prevalencia del enterococo mayor entre 67 y 77% debido a que son técnicas más sensibles, más rápidas y seguras que los cultivos. La mayor prevalencia en dientes con fracasos endodónticos pone de manifiesto su habilidad para sobrevivir en condiciones ambientales duras como las existentes en dichas situaciones. Además, *E. faecalis* ha sido encontrado con frecuencia como el único microorganismo presente en conductos obturados con lesiones periapicales ⁵⁶.



Tipos de infección en endodoncia

La infección de la pulpa dental moviliza los microorganismos a desarrollarse en sentido apical, invadiendo y colonizando los tejidos periapicales, estimulando así la respuesta inflamatoria e inmunológica ⁵⁷.

Las infecciones endodónticas pueden clasificarse según su localización anatómica en infecciones intrarradiculares y extrarradiculares. A su vez las infecciones intrarradiculares se subdividen en tres categorías según el momento en que los microorganismos colonizan el conducto radicular: primaria, secundaria y persistente ².

La infección primaria es causada por la invasión y colonización del tejido pulpar necrótico. Los microorganismos participantes pueden haber estado implicados en las primeras fases de invasión pulpar, generalmente a través de caries que ha culminado en la inflamación y posterior necrosis; o bien pueden haber sido los últimos microorganismos en llegar que han aprovechado las condiciones ambientales que prevalecen en el conducto radicular después de la necrosis pulpar ²⁰. Estas infecciones se caracterizan por un consorcio mixto compuesto de aproximadamente 10 a 30 especies bacterianas por conducto. Los grupos bacterianos más frecuentes y abundantes en las infecciones primarias incluyen especies anaerobias Gram negativas de los géneros *Fusobacterium*, *Treponema*, *Porphyromonas*, *Prevotella*, y *Campylobacter*; especies Gram positivas anaerobias de los géneros *Peptostreptococcus*, *Eubacterium*, y *Pseudoramibacter*, así como *Streptococcus* facultativos o microaerófilos ⁵⁸.

Las infecciones secundarias intrarradiculares son la principal causa de periodontitis apical post-tratamiento. Dentro de su etiología se habla de la persistencia de microorganismos en el conducto al momento del tratamiento (placa dentobacteriana, cálculo dental o restos de caries), entre citas (pérdida del material provisional, fractura dental o acceso abierto del conducto) y la obturación (pérdida de la restauración, recidiva de caries, fractura dental o retraso en la colocación de la restauración final). En cualquier

caso, los microorganismos se adaptan al nuevo entorno, sobreviven y proliferan estableciendo una infección secundaria ^{2, 20}.

La infección intrarradicular persistente se debe a microorganismos que han resistido los procedimientos antimicrobianos y que han sobrevivido en el conducto tratado; los microorganismos implicados son restos de una infección primaria o secundaria que en algún momento entraron en el sistema de conductos radiculares ²⁰.

Este tipo de infección puede ser responsable de causar problemas clínicos, tales como exudado, persistencia de síntomas o exacerbaciones, y la persistencia de una lesión radiolúcida a pesar del tratamiento de conductos ².

La mayoría de los estudios han revelado la presencia de bacterias Gram positivas, en este tipo de infecciones, donde el *Enterococcus faecalis* es la más frecuentemente detectada, con una prevalencia que alcanza hasta el 90% (Fig.6) ⁴³.

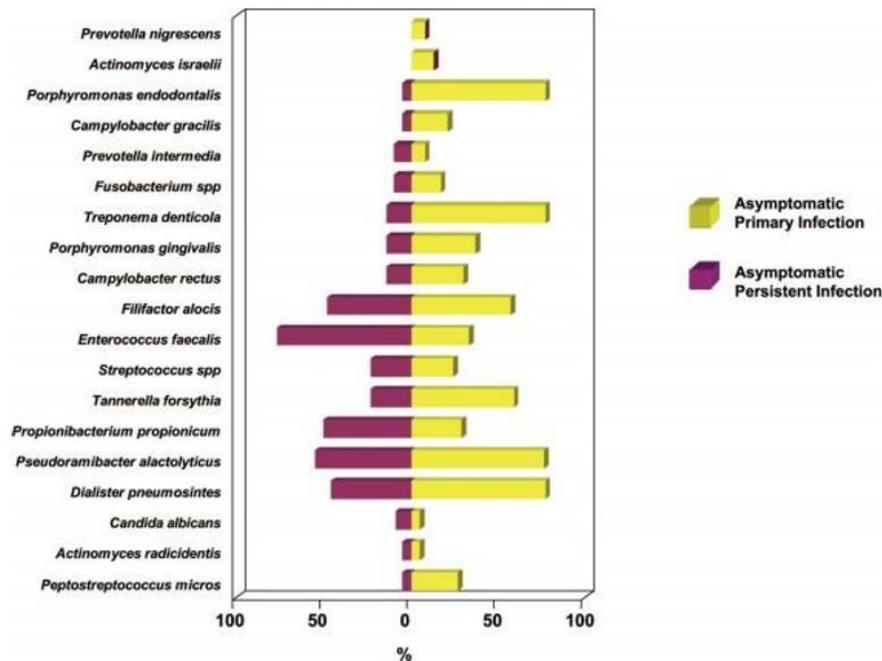


Fig. 6. Comparación de microorganismos presentes en una infección primaria asintomática y una infección persistente/secundaria asintomática. De las especies investigadas, solo *E. faecalis* y *P. propionicum* se asociaron significativamente con el caso de retratamiento.

Siqueira J, Rocas I. Exploiting Molecular Methods to Explore Endodontic Infections: Part 2- Redefining the Endodontic Microbiota. J Endod. 2005; 31(7): 488-98.

La infección extrarradicular se clasifica en dependiente o independiente de la infección intrarradicular. La forma más frecuente de infección extrarradicular dependiente es el absceso apical agudo que se caracteriza por la inflamación purulenta en los tejidos perirradiculares en respuesta a la salida masiva de bacterias desde el conducto radicular ²⁰.

La infección endodóntica extrarradicular independiente es aquella que no está protegida por la infección intrarradicular y persiste aun cuando ésta se ha erradicado, se caracteriza por la ausencia de síntomas evidentes, lo que implica el establecimiento de los microorganismos en tejidos perirradiculares por adherencia a la superficie apical externa de la raíz en forma de biopelícula; se considera una de las etiologías de la persistencia de las lesiones de periodontitis apical a pesar de un tratamiento de conductos adecuado. Existen reportes de mineralización del biofilm a este nivel (Fig.7) ⁴³.

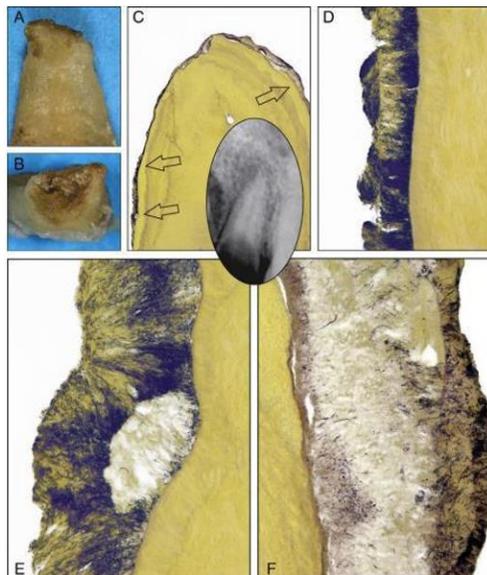


Fig. 7. Premolar superior con necrosis pulpar y tracto sinusal vestibular (A y B). Después de la extracción se observa calculo en ápice de la raíz (C). la superficie externa apical está cubierta por una biopelícula bacteriana (Tinción Brenn y Brown modificada por Taylor). (D) Magnificación x400 de la zona indicada por la flecha izquierda superior de la imagen C, donde se muestra gran densidad bacteriana. (E) Magnificación x 1,000 de la zona indicada por la flecha izquierda inferior de la imagen C, área aparentemente libre de bacterias que puede ser un foco de calcificación. (F) Magnificación x 1,000 de la zona indicada por la flecha derecha de la imagen C, biopelícula mineralizada con pocas bacterias.

Ricucci D, Siqueira J. Biofilms and Apical Periodontitis: Study of Prevalence and Association with Clinical and Histopathologic Findings. J Endod. 2010; 36(8): 1277-88.



Patología periapical

La periodontitis apical es la inflamación y destrucción de los tejidos periapicales. Se presenta como secuencia de diversos estímulos negativos a la pulpa dental, incluyendo infección, trauma físico y químico; así como después de un tratamiento de endodoncia o por los efectos de los materiales de obturación dentro del conducto radicular. Se manifiesta como la respuesta inmune del huésped ante la agresión bacteriana que emana del sistema de conductos radiculares. Se considera un encuentro dinámico entre factores microbianos y defensas, en la interfase entre la pulpa dental infectada y el ligamento periodontal que da lugar a una inflamación local, reabsorción de tejido duro, destrucción de otros tejidos periapicales y eventual formación de diversas categorías histopatológicas de periodontitis apical, comúnmente denominadas lesiones periapicales ⁵⁹.

Siqueira define la periodontitis apical como una enfermedad inflamatoria de etiología microbiana causada fundamentalmente por la infección de los conductos radiculares ⁶⁰.

Patogénesis de la periodontitis apical

En el proceso de patogénesis de la periodontitis apical la respuesta inicial a nivel vascular va a ser una rápida vasoconstricción seguida de una vasodilatación casi inmediata con enlentecimiento del flujo sanguíneo, acúmulo de hematíes en el centro del vaso y emigración de los leucocitos a la periferia (Fig.8), pegándose a la pared del vaso ⁶¹. Esto hace que aparezcan pequeñas fisuras en el endotelio de los vasos, a través de las cuales se produce una extravasación plasmática hacia los espacios de tejido conectivo, dando lugar a un edema que produce una elevación en la presión local y que es el responsable de la compresión de las terminaciones nerviosas originando el dolor (Fig.9). Por otra parte, en los mecanismos inmunitarios actúan factores del complemento e inmunoglobulinas ²⁰. El resultado final, ya sea inducido por irritación directa o por el sistema inmunitario, hace que se liberen mediadores químicos que inician la inflamación;

el resultado final de esta inflamación va a ser un infiltrado de linfocitos, macrófagos y células plasmáticas. En la fase aguda de la inflamación, se produce una exudación como respuesta de los tejidos pulpar y periapical ante cualquier agresión, con predominio de los PMN neutrófilos⁶¹. Al llegar a la fase crónica la respuesta del huésped es proliferativa, en un intento del tejido pulpar y periapical de reparar la lesión, con la formación de nuevas células, vasos y fibras, que sería lo que se denomina tejido de granulación²⁰.

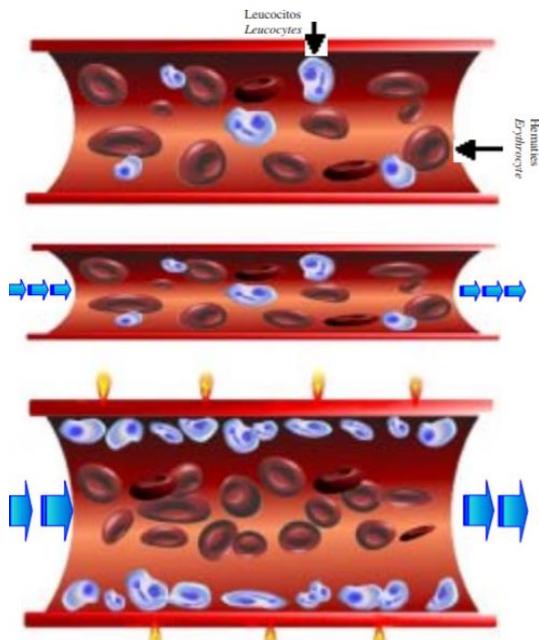


Fig. 8. Respuesta inicial a nivel vascular, durante el proceso de inflamación. Contracción transitoria de la microcirculación, seguida de una inmediata vasodilatación. Los hematíes migran al centro del vaso y los leucocitos a la periferia. Se produce un agrietamiento de las paredes del vaso debido a la contracción de las células endoteliales bajo la influencia de la histamina.

López Marcos, J. F. Aetiology, classification and pathogenesis of pulp and periapical disease. Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal. 2004; 9: 58-62.

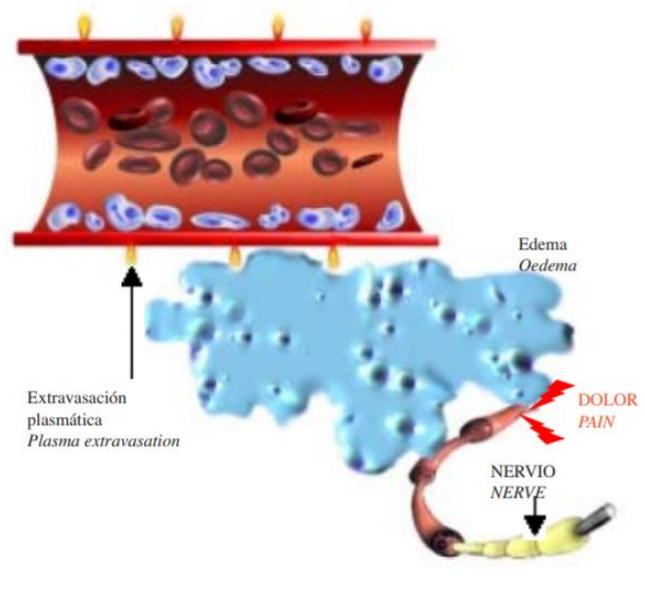


Fig. 9. Debido a la extravasación plasmática, el plasma escapa a los espacios tisulares donde produce edema que incrementa la presión y la compresión de las fibras nerviosas originando dolor.

López Marcos, J. F. Aetiology, classification and pathogenesis of pulp and periapical disease. Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal. 2004; 9: 58-62.



Patogenicidad y virulencia bacteriana en el desarrollo de enfermedad periapical

Entre los mecanismos patogénicos bacterianos en la enfermedad periapical se encuentran: invasión, producción de exotoxinas, constituyentes celulares (endotoxinas, componentes de superficie, cápsulas), producción de enzimas (colagenasa, hialuronidasa, fosfatasa ácida, fibrinolisisina, coagulasa, proteasa, enzima degradadora de fibronectina), productos del metabolismo microbiano (ácidos grasos, ácido propiónico, butírico y acético, amonio, compuestos sulfurados (H₂S), indol), y la evasión de las respuestas inmunológicas del huésped. Por lo tanto, la respuesta periapical está determinada por la combinación del efecto bacteriano directo e indirecto sobre las defensas del huésped ⁴².

Los factores de virulencia bacteriana que causan el daño tisular directo son aquellos que dañan tanto las células del huésped como la matriz intercelular del tejido conjuntivo y se relaciona con los productos segregados como enzimas, exotoxinas, proteínas de shock térmico y productos finales del metabolismo. El efecto bacteriano indirecto está dado por los componentes estructurales de las bacterias como lipopolisacáridos, peptidoglucanos, ácido lipoteicoico, proteínas y vesículas de la membrana exterior, lipoproteínas, ADN y exopolisacáridos; que estimulan las reacciones inmunitarias de defensa del huésped frente a la infección, pero a su vez provocan una importante destrucción tisular ²⁰.

Los lipopolisacáridos (LPS) o endotoxinas son uno de los componentes más importantes de la pared celular externa de las bacterias Gram negativas, secretadas en vesículas por organismos en crecimiento o liberadas durante la desintegración de las bacterias después de su muerte. Las endotoxinas son los factores virulentos más importantes implicados en el desarrollo de inflamación periapical, activando las células del sistema inmune que a su vez provocan la liberación de mediadores proinflamatorios, factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), Interleucina-1 (IL-1), Interleucina-6 (IL-6) ⁶².

Investigaciones clínicas han encontrado una correlación entre las endotoxinas y la presencia de periodontitis apical; a mayor concentración de endotoxinas en los



conductos radiculares se asocia con el desarrollo de signos y síntomas clínicos, así como un área mayor de destrucción ósea ⁴⁶.

Terapia endodóntica

Uno de los objetivos principales de realizar un tratamiento endodóntico, es justamente eliminar todas las bacterias que se encuentren dentro del sistema de conductos radiculares, donde encontramos al *E. faecalis*, como segundo objetivo se encuentra el proporcionar distintas medidas que ayuden a que dichas bacterias no vuelvan a proliferar, en tal procedimiento se establecen varias fases, donde la limpieza con instrumentos para conductos radiculares y la desinfección de éstos es sumamente importante. Para prevenir la filtración bacteriana y lo que podría significar la reinfección de este sistema se coloca una obturación en el conducto radicular instrumentado. Si el procedimiento es conducido con éxito, aquellos dientes que presenten signos de inflamación, dolor, sensibilidad, absceso, fístula y periodontitis apical se vuelven asintomáticos, además de que cualquier evidencia radiográfica de dichos signos antes del tratamiento debe resolverse y el tejido periapical restaurarse por completo ⁶³.

Irrigación en endodoncia

La irrigación del sistema de conductos es uno de los procedimientos indispensables durante la terapia endodóntica; esta es definida por autores como Lasala ²³ como un lavado y aspiración de todos los restos, sustancias y microorganismos que puedan estar contenidos y permanecer en la cámara pulpar o conductos radiculares aun después de una adecuada preparación biomecánica. Para Leonardo ⁶⁴ y Romani ⁶⁵ la irrigación y aspiración en endodoncia consiste en hacer pasar un líquido a través de las paredes del conducto radicular con la finalidad de retirar restos pulpares, virutas de dentina producidas por la instrumentación, microorganismos y otros detritus en el conducto y



según Maisto ⁶⁶ se entiende por irrigación el lavado de las paredes del conducto con una o más soluciones antisépticas, y la aspiración de su contenido.

La irrigación durante el tratamiento endodóntico es tan importante como una correcta instrumentación y obturación. El agente irrigante debe permitir la neutralización e inactivación de las toxinas bacterianas y desinfección del conducto, mediante la suspensión y arrastre mecánico ⁶⁴.

La instrumentación por sí sola no es capaz de eliminar todo el tejido pulpar ni los microorganismos, debido a la gran cantidad de irregularidades, comunicaciones, salidas laterales y complejidad anatómica ²³. La instrumentación mecánica reduce un 50% las bacterias en el interior de los conductos, por lo que necesitamos irrigantes desinfectantes para eliminar los microorganismos de los lugares donde no llegan los instrumentos. Los microorganismos en el interior de los conductos radiculares se organizan y establecen simbiosis entre sí que los hace más resistentes a las acción de los diferentes procedimientos de desinfección. Estas colonias microbiológicas junto con la matriz extracelular constituyen lo que se conoce como biofilm, muy difícil de eliminar si no se utilizan procedimientos de irrigación potentes y de activación de los irrigantes. Así mismo, durante la instrumentación los restos orgánicos e inorgánicos desprendidos permanecen en las paredes de los conductos y pueden ser desplazados a la zona apical del conducto obstruyendo el foramen y/o los conductos laterales ⁶⁷.

Objetivos de la irrigación del sistema de conductos radiculares

La irrigación busca obtener ciertas funciones en la terapia endodóntica como son: ⁶⁴

- Eliminar restos pulpares, restos dentinarios y restos necróticos que puedan actuar como nicho de bacterias; además estos restos pueden ser llevados a la región periapical y producir patología periapical ⁶⁴.
- Acción antiséptica o desinfectante ⁶⁴.



- Humectación y lubricación de las paredes dentinarias, facilitando la acción de los instrumentos ⁶⁴.
- Disolución de agentes orgánicos e inorgánicos del conducto radicular, incluyendo el smear layer que se produce por la acción de los instrumentos y se compacta en el interior de los túbulos dentinarios ⁶⁴.
- Aumentar la energía superficial de las paredes del conducto, favoreciendo el contacto de la medicación intraconducto y permitir la retención mecánica de los cementos selladores ⁶⁴.

La frecuencia de irrigación y el volumen del irrigante son factores importantes para la obtención de un conducto aséptico. La frecuencia de irrigación debe aumentar a medida que la preparación se acerca a la constricción apical ⁶⁸. Un volumen apropiado del irrigante es de por lo menos 1 a 2 ml cada vez que el conducto se irriga ²⁰.

Una clave para mejorar la eficacia del irrigante en la porción apical es el uso de la lima de recapitulación antes de cada irrigación ya que al recapitular se remueven los restos de dentina y restos compactados en la región apical hacia la solución pudiendo así ser removidos ²⁰.

Soluciones irrigantes antisépticas

La preparación quimio-mecánica del sistema de conductos es considerado por muchos como el paso más importante en la terapia endodóntica. Las técnicas de instrumentación han sido diseñadas para remover tejido blando y calcificado simultáneamente con la conformación del canal para facilitar la obturación radicular. Por la complejidad e irregularidad inherente de la anatomía de los conductos radiculares dificulta el completo debridamiento y se recurre al uso de soluciones irrigantes. La naturaleza química de la solución irrigante es también de vital importancia para que se cumplan los objetivos de la irrigación.



Las soluciones irrigantes deben poseer ciertas propiedades que lo hagan una solución irrigante ideal, estas son ⁶⁹ :

- Solvente de tejido o residuos orgánicos e inorgánicos ⁶⁹.
- Baja tensión superficial. Gracias a esta propiedad penetra a todas las concavidades del conducto radicular, al mismo tiempo que crea las condiciones para la mayor eficacia del medicamento aplicado de forma tópica ⁶⁴.
- Baja citotoxicidad, no debe ser agresivo para los tejidos perirradiculares ⁶⁶.
- Lubricante ⁶⁹.
- Propiedad bactericida o bacteriostático, de amplio espectro ⁶⁶.
- Eliminación a arrastre de la capa de desecho dentinario ⁶⁹.
- Bajo costo y disponibilidad de este.
- Acción rápida y sostenida ⁷⁰.

A finales del siglo pasado ya se introducía todo tipo de productos al conducto radicular (como ácidos, agentes quelantes, enzimas proteolíticas, soluciones alcalinas y agentes oxidantes) con el fin de lograr la desinfección y limpieza ⁷¹.

Actualmente el irrigador de primera elección ante la presencia de un conducto necrótico infectado es el hipoclorito de sodio (NaClO) por ser un excelente bactericida, sin embargo, es altamente citotóxico, inestable a corto tiempo, de sabor y olor desagradable, y además es agresivo al instrumental ⁷⁰, por lo cual en diversos estudios se realizan análisis comparativos con la alternativa más eficaz que es el gluconato de clorhexidina.

Las soluciones de irrigación más utilizadas son el hipoclorito de sodio (NaClO) y clorhexidina (CHX). El NaClO tiene una potente actividad de antiséptica y de igual forma capacidad de disolver los tejidos orgánicos. Sin embargo, tiene alta toxicidad y puede causar reacciones alérgicas o complicaciones durante el tratamiento por extrusión de la sustancia. Por el contrario, la CHX tiene acción antibacteriana y menor toxicidad tisular que NaClO, pero es incapaz de disolver el tejido orgánico ^{72, 4}.

Clorhexidina

La clorhexidina (C₂₂ H₃₀ Cl₂ N₁₀) es un material sintético que comprende dos grupos biguanida y dos grupos 4-cromofenilo con anillos simétricos, conectados por una cadena de hexametileno (Fig.10) ⁴, es una molécula hidrófoba y lipófila que interactúa con lipopolisacáridos y fosfolípidos en la membrana celular bacteriana.

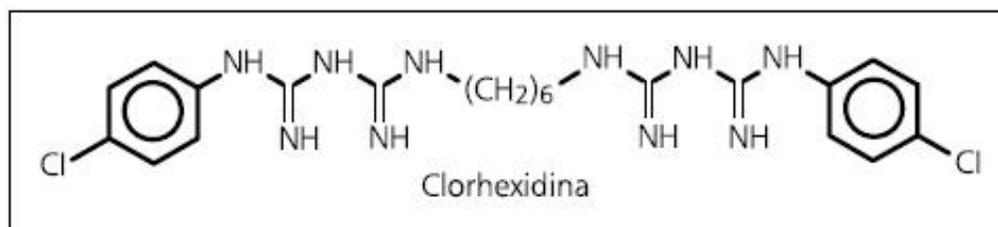


Fig. 10. Estructura molecular de la clorhexidina

Diomedi A, Chacon E, Delpiano L, et al. Antiseptics and disinfectants: aiming at rational use. Recommendations of the Advisory Committee on Healthcare Associated Infections. Rev chilena de infectología: órgano oficial de la Sociedad Chilena de Infectología. 2017; 34(2): 156-74.

Los efectos bactericidas de la CHX se deben a la interacción de su carga positiva con el fosfato cargado negativamente en las paredes celulares de las bacterias y su capacidad para alterar el equilibrio osmótico de las bacterias. Al adsorberse a la pared celular del microorganismo aumenta la permeabilidad y posterior destrucción de la integridad de la membrana citoplasmática, permitiendo a la CHX penetrar en la célula y originar la pérdida de los componentes intracelulares. A altas concentraciones ($\geq 2\%$), CHX es un bactericida, ya que provoca la precipitación de los contenidos citoplasmáticos; a una concentración más baja (0,2%) causa que el fósforo y el potasio salgan de las estructuras ⁷³.

La clorhexidina no puede considerarse un irrigante endodóntico universal, debido a que es incapaz de disolver tejido orgánico y por otra parte no es igualmente eficaz contra todas las bacterias encontradas en el conducto radicular.



No es viricida, pero es activa contra una amplia gama de microorganismos principalmente los Gram positivos (incluyendo *Enterococcus faecalis*), levaduras y hongos y en menor efecto con los Gram negativos ⁷⁴.

La clorhexidina es activa entre pH 5 y 8, su acción es rápida y duradera, no es citotóxica para el tejido periapical como otras soluciones irrigadoras empleadas en endodoncia como es el hipoclorito de sodio ⁷³.

Sustantividad

La liberación de un agente en el lugar de acción de forma biológicamente activa y a dosis eficaces, hace que sus efectos se vean incrementados a largo plazo y se define como sustentividad ⁷⁴. Esta propiedad, junto con la capacidad antimicrobiana, son imprescindibles para que un antiséptico resulte clínicamente eficaz. Una de las principales ventajas de la CHX, además de que es un potente antimicrobiano, es su capacidad de unirse a sustratos distintos y muy heterogéneos, como son los dientes y la mucosa oral, de retenerse de manera prolongada en estas superficies y de mantener su actividad antibacteriana al liberarse lentamente a un ritmo que permite la persistencia de dosis eficaces ⁷⁴.

La sustentividad antimicrobiana se ha identificado como elemento protector del conducto durante mucho tiempo después de la instrumentación, por lo que protege la dentina de la reinfeción hasta por 72 horas, propiedades que sugieren que dicha solución pueda ser usada en endodoncia como irrigante y como medicamento intraconducto ⁷³.



Eficacia de la clorhexidina contra el *Enterococcus faecalis*

El *E. faecalis* puede ser resistente al desbridamiento mecánico lo mismo que a los medicamentos intraconducto usados comúnmente, tales como el hidróxido de calcio. Este microorganismo es difícil de erradicar durante el retratamiento de dientes con periodontitis apical persistente, y su presencia en esta entidad, conduce a un pronóstico reservado, sin embargo, es sensible a la clorhexidina que, aplicada en forma prolongada, es efectiva en los retratamientos ⁷⁴.

Se ha demostrado que el *E. faecalis* es incapaz de colonizar los túbulos dentinarios después de 21 días de haber sido tratada la dentina con clorhexidina al 0.2% durante 7 días. Estos hallazgos confirman que la sustentividad antimicrobial de la clorhexidina en la dentina tratada se extiende al menos tres veces más el periodo durante el cual fue utilizada. La clorhexidina es más efectiva que el NaClO cuando es usado como irrigante intraconducto el cual es inducido por la sustentividad ⁷³.

Ercan y cols. compararon la actividad antibacterial de soluciones irrigantes del conducto radicular en dientes con necrosis y patologías periapicales. Después de cuantificar las unidades formadoras de colonias, concluyeron que tanto el gluconato de clorhexidina como el hipoclorito de sodio fueron significativamente efectivos para reducir los microorganismos en dientes con pulpa necrótica, patología periapical o ambos, y pueden ser usados exitosamente como una solución irrigante ⁷⁵.

También se ha demostrado la efectividad antibacterial de la clorhexidina cuando se compara con hipoclorito al 5.25%, EDTA 17%, hidróxido de calcio, peróxido de hidrógeno y solución salina. Tanto la clorhexidina al 2% como al 0.12% poseen actividad antimicrobiana residual por 72 horas cuando se usa como irrigante intraconducto. Esto lo demostraron Weber y cols, en su estudio in vitro donde los grupos experimentales tratados con clorhexidina demostraron actividad antimicrobiana residual de amplio espectro después de 168 horas de la instrumentación ⁷⁶.



Estudios hechos en dentina de bovinos, demostraron que la clorhexidina fue tan efectiva en la primera semana como después de la tercera semana de haber sido aplicada ⁷⁷. Otra de sus aplicaciones ha sido en la desinfección pre y post operatoria en cirugía endodóntica y cirugía periodontal.

Sistemas utilizados en la irrigación endodóntica

El barro dentinario que se obtiene con la instrumentación durante la terapia endodóntica es considerado como una pequeña capa que ocluye los orificios de los túbulos dentinarios, cubriendo la dentina intertubular de la pared del conducto que se está preparando. El barro dentinario evita la penetración de irrigantes, medicamentos o materiales de sellado a los túbulos dentinarios ⁷⁸. En la actualidad, no hay irrigante que haya demostrado ser capaz de disolver tejido orgánico, y a su vez desmineralizar el tejido calcificado. Existen muchas investigaciones que nos hablan de que un elemento quelante podría eliminar las capas de detritus adheridos (barro o lodo dentinario), pero se ha demostrado que usando concentraciones adecuadas de hipoclorito de sodio ($\geq 4\%$) o bien clorhexidina al combinarlas con vibración ultrasónica se puede obtener el mismo efecto ^{78, 79, 80}. Si bien las piezas de mano ultrasónicas son desalentadoras en cuanto a su eficacia para darle forma a los conductos durante la instrumentación ^{81, 82}, son muy eficaces para mejorar la capacidad de limpieza con los irrigantes. Cuando se usa la energía ultrasónica con una lima pequeña que choque sobre las paredes del conducto y existiendo una solución, ésta comenzará a calentar el fluido dentro del conducto, se generarán vibraciones resonantes, las cuales generan el movimiento de los irrigantes acuosos, efecto que se denomina corriente a chorro. Así la activación de irrigantes con ultrasonido resultó ser más eficaz en el tercio apical del conducto ⁸³.

Irrigación Ultrasónica Pasiva (IUP)

El uso de instrumentos activados por ultrasonido contribuye a la limpieza del sistema de conductos radiculares mediante la agitación de la energía del ultrasonido produce alta frecuencia pero baja amplitud. Las limas oscilan entre 25 y 30KHz, de forma transversa creando un patrón característico de nodos y antinodos en toda su longitud conocido como flujo acústico (Fig.11) ⁸⁴.

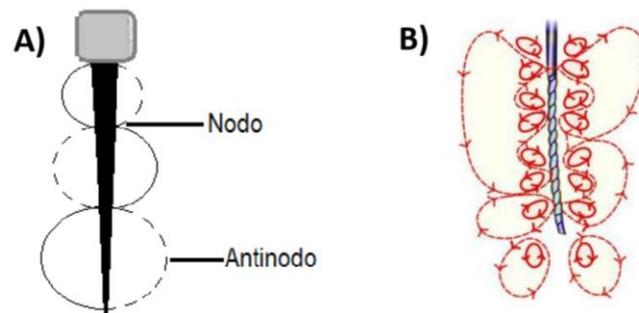


Fig. 11. A) Patrón de oscilación ultrasónica; B) Corriente observada en las limas activadas con ultrasonido
Garg N, Garg A. Textbook of Endodontics. 2nd ed. India: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2010.

Durante la IUP la energía es transmitida de una lima hacia el irrigante dentro del conducto radicular por las ondas ultrasónicas produciendo cavitación en el irrigante, lo que ayuda a desalojar el barro dentinario de las paredes del conducto radicular, dirigiendo de manera más eficiente el irrigante hacia las áreas de difícil acceso debido a la complejidad anatómica. La técnica consiste en depositar el irrigante dentro del conducto radicular por medio de una jeringa, seguido de la activación del irrigante por el sistema ultrasónico, llevando la lima entre 2 o 3 mm corto de la longitud de trabajo real; el conducto radicular es irrigado nuevamente para sacar todos los remanentes que quedan dentro del conducto ^{84, 85}.

El uso de soluciones irrigantes combinadas con ultrasonido o un sistema de vibración de ondas son el medio de irrigación que mayor efecto antibacteriano presenta. Utilizando esta combinación se mejora el intercambio de las soluciones en el conducto, permite el



calentamiento de la solución irrigadora, elimina restos dentinarios y parte de la capa de desecho, logrando así un mayor efecto de limpieza ⁸⁶.

Instrumentación del sistema de conductos radiculares

La instrumentación y conformación biomecánica implica dar una forma única a cada conducto radicular, no solo relacionado con su longitud, sino también relacionado con la posición, grosor y curvatura de cada raíz y conducto radicular individual. Además, facilita la limpieza tridimensional al ofrecer un acceso directo y fácil a las limas manuales, los instrumentos rotatorios y las soluciones irrigantes durante el tratamiento ²⁰.

Sistema de instrumentación rotatoria y su implicación con la irrigación del sistema de conductos radiculares

Desde el inicio de la endodoncia, la instrumentación de los conductos radiculares se realizó con limas cuya composición metalográfica fue cambiando hasta que se desarrolló una nueva generación de instrumentos endodónticos de níquel titanio que se insertan en piezas de mano, trabajan con un giro de 360 grados y con bajo torque. Este tipo de instrumentos permite conformar conductos estrechos y curvos con menos posibilidades de originar transporte del foramen apical, escalones y otro tipo de aberraciones en la preparación de los conductos radiculares ⁸⁷.

El desarrollo de instrumentos rotatorios ha mejorado significativamente la conformación del conducto radicular, particularmente en conductos curvos. Sin embargo, la evidencia sugiere que la instrumentación rotatoria no proporciona mejores resultados en la capacidad de limpieza o desinfección en comparación con las técnicas de instrumentación manual. Los instrumentos de níquel-titanio logran mantener mejor la trayectoria original del conducto radicular con mayor conicidad, en comparación con los instrumentos manuales de acero inoxidable ⁸⁸.



Tan y Messer encontraron que la instrumentación con sistemas rotatorios de NiTi al mayor conicidad resultó en conductos significativamente más limpios en los últimos 3mm apicales, en relación con instrumentación manual. Sin embargo, ninguna de estas técnicas fue totalmente efectiva en la limpieza del conducto radicular ⁸⁵.

Peters y cols. utilizaron micro-CT para analizar la preparación de los conductos radiculares de primeros molares superiores después de la instrumentación con limas manuales tipo K y tres sistemas de limas rotatorias. Encontraron que todas las técnicas de instrumentación dejaron el 35% o más de la superficie dentinaria del conducto sin tocar, y no hubo una diferencia significativa entre los cuatro tipos de instrumentos. Estos hallazgos destacan la limitada capacidad de los instrumentos endodónticos para limpiar el conducto radicular y refuerzan la importancia de la irrigación para mejorar la desinfección del sistema de conductos radiculares ⁸⁶.

Seltzer y cols. demostraron que cuando no se usa irrigante durante la instrumentación hay un 70% más de barro dentinario en comparación con los conductos radiculares que fueron irrigados ⁸⁵.

Los estudios de morfología indican que el diámetro apical es mayor de 300 a 350 micras en dientes adultos normales, y puede llegar a ser mayor cuando hay resorción apical a causa de periodontitis apical. Por lo tanto, la anatomía exige una preparación apical mínima de calibre ISO 30 a 35 o mayor ⁸⁶.

Estudios microbiológicos han demostrado que a mayor diámetro apical mayor reducción de la microbiota en comparación con diámetros apicales menores, ya que la ampliación del conducto facilitará el acceso del irrigante a la región apical y a los microorganismos que han penetrado más profundamente en la dentina. Shuping y cols. encontraron que el efecto antibacteriano del hipoclorito sódico (NaClO) sólo se hizo evidente después de que la instrumentación excediera el tamaño ISO 30-35 ⁸⁶.



El avance en el campo de la endodoncia ha llegado a que se estén utilizando las limas rotatorias de Ni-Ti en la práctica general y especializada. Uno de los sistemas más conocido y fáciles de utilizar son los Protaper Universal® (Dentsply/Maillefer. Suiza), que se caracterizan por una sección en forma de triángulo equilátero, poseen lados convexos para generar menor contacto lima-dentina, consta de 6 limas, tres de conformación, la S_x, S₁, S₂, con diámetros en la punta de D₁ de 0.19, 0.17 y 0.20 mm y cinco limas de acabado, la F₁, F₂, F₃, F₄ y F₅, con diámetros en la punta D₁ de .20, .25, .30, .35, .40 y .50 mm respectivamente, diseñados para la preparación del tercio apical ⁸⁹.

A pesar de todas las soluciones que se buscan para realizar la preparación del sistema de conductos radiculares y de los avances tecnológicos de las limas, esto resulta insuficiente, ya que no se tiene acceso total a todos los conductos secundarios y accesorios con los que cuenta el sistema, por lo que los profesionales se deben auxiliar de sustancia irrigantes que permitan llegar a estas zonas aumentando la cantidad de irrigante para lograr una mejor limpieza y desinfección de los conductos.

Importancia de la obturación endodóntica

De acuerdo con la Asociación Americana de Endodoncia (AAE), una obturación adecuada se define y se caracteriza por el llenado tridimensional de todo el conducto radicular, lo más cercano posible de la unión cemento-dentinaria. La obturación es la última etapa operatoria del tratamiento de conductos radiculares, y tiene valor fundamental en el éxito a mediano y largo plazo, por lo que su objetivo final es la obturación completa del sistema de conductos radiculares ⁹⁰ lo cual nos ayuda a prevenir la percolación y la microfiltración del exudado periapical en el espacio del conducto radicular, así como prevenir la recolonización bacteriana por la obliteración completa del foramen apical y otros portales de comunicación ⁹¹. Con esto se logra la preservación del diente como una unidad funcional en salud.



La mayor parte de los fracasos en la obturación de los conductos radiculares se debe a que durante el procedimiento de conformación del conducto no se realiza el espacio adecuado para que el material final pueda quedar bien adaptado dentro del conducto, es decir que hay conductos muy simples mal conformados y se vuelven difíciles o imposibles de obturar en forma satisfactoria, sin embargo existen también conductos que son complejos y pueden ser sellados con facilidad, cuando fueron preparados con habilidad, acorde a éstos requerimientos se establecen también ciertos criterios, que mediante la investigación han hecho que la limpieza y conformación sea cada vez más sencilla, para obtener resultados favorables durante la preparación de los conductos y por ende también en la obturación, obteniendo un procedimiento correcto y con las características óptimas del tratamiento de conductos ^{92,93}.

HIPÓTESIS

Ho1: El sistema de ultrasonido no aumentará la efectividad de la clorhexidina contra el *E. faecalis*.

Hi1: El sistema de ultrasonido aumentará la efectividad de la clorhexidina contra el *E. faecalis*.

Ho2: La concentración de la clorhexidina no es un factor modificable en la efectividad contra el *E. faecalis*.

Hi2: La concentración de la clorhexidina es un factor modificable en la efectividad contra el *E. faecalis*.



Ho3: El tiempo de latencia de la clorhexidina no es un factor modificable en la efectividad contra el *E. faecalis*.

Hi3: El tiempo de latencia de la clorhexidina es un factor modificable en la efectividad contra el *E. faecalis*.

Ho4: La presentación de la clorhexidina en colutorio, jeringa y frasco; no es un factor modificable en la efectividad contra el *E. faecalis*.

Hi4: La presentación de la clorhexidina en colutorio, jeringa y frasco; es un factor modificable en la efectividad contra el *E. faecalis*.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo y diseño de estudio.

La investigación que se llevó a cabo es de tipo experimental, realizada como estudio ciego.

Población y muestra

La población estuvo constituida por 55 órganos dentarios unirradiculares los cuales se obtuvieron con el consentimiento informado de los pacientes que requerían extracción dental en la Clínica Odontológica Iztacala UNAM.

La muestra se agrupó en 6 grupos experimentales principales que son el fundamento de la investigación, y se utilizaron 3 grupos control positivo y 2 grupos control negativo, cada uno compuesto por 5 órganos dentarios.



Criterios de inclusión

Órganos dentarios que presentaron la totalidad de sus paredes radiculares, incluyendo su ápice.

Criterios de exclusión

Órganos dentarios destruidos por caries, defectos anatómicos de los conductos radiculares (curvaturas excesivas $>20^\circ$, cálculos pulpares y raíces con más de 1 conducto principal).

Variables

- Independientes: Sistema Ultrasónico para irrigación, Gluconato de Clorhexidina (Colutorio, Jeringa y Frasco) y el tiempo (5',10',15').
- Dependientes: Unidades formadoras de colonias de *E. faecalis*.

Definición de variables

- **Sistema Ultrasónico para irrigación de conductos radiculares:** Técnica de irrigación donde la energía es transmitida desde una lima oscilante desde el irrigante dentro del conducto mediante ondas ultrasónicas, produciendo ondas acústicas y cavitación en el irrigante. Su alta potencia provoca la desorganización de los biofilms bacterianos por acción de la corriente acústica. Es efectiva en la remoción del tejido pulpar, detritus y penetración del irrigante en áreas inaccesibles del sistema de conductos radiculares ⁹⁴.
- **Clorhexidina:** Molécula bicatiónica que realiza su función bactericida a nivel de la membrana citoplasmática y la pared celular, rompiéndolas y permitiendo la



salida de algunos productos intrabacterianos al exterior y la coagulación de otros, hasta la muerte de la célula ⁹⁵.

- **Tiempo:** Período determinado durante el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento. Magnitud física que permite ordenar la secuencia de los sucesos, estableciendo un pasado, un presente y un futuro. Su unidad en el Sistema Internacional es el segundo ⁹⁶.
- **UFC:** Cuando una célula aislada e inmóvil comienza a crecer sobre un sustrato sólido, el resultado del crecimiento al cabo del tiempo es una colonia. Por consiguiente, se denomina unidad formadora de colonia (UFC) a una célula bacteriana viva y aislada que si se encuentra en condiciones de sustrato y ambientales adecuadas da lugar a la producción de una colonia en un breve tiempo ⁹⁷.

MÉTODO

Preparación inicial y estandarización de colonias bacterianas

Se realizó el acceso endodóntico en cada uno de los dientes a tratar con una fresa SSW® FG-6, posteriormente se utilizó la fresa Endo-Z para realizar el desgaste compensatorio del tercio cervical, con una lima ISO 15 tipo K de la marca Dentsply Maillefer® con la cual se ubicó el conducto radicular por cada órgano dental, únicamente se usó este procedimiento para identificar defectos estructurales en los conductos (curvaturas mayores a 20° y cálculos pulpaes,) y de igual forma para iniciar la permeabilidad y conformación del conducto radicular, de esta manera se valoró si era o no apto para la investigación, dicha lima fue introducida a lo largo del conducto y hasta salir por el ápice radicular, se ubicó en este límite y se retornó dentro del conducto 0.5 mm previo a la salida por foramen apical, se tomó una imagen con el radiovisiógrafo (Fig.12) para obtener de esta forma la longitud de trabajo real hasta CDC (Fig.13), posterior a la realización del acceso endodóntico cada órgano dentario se colocó en

bolsas individuales para esterilización en autoclave por 20 minutos a 121°C con 1.5 Atm de presión del total de los dientes de esta investigación.



Fig. 12. Toma de conductometría con equipo de radiovisiógrafo y colimador.

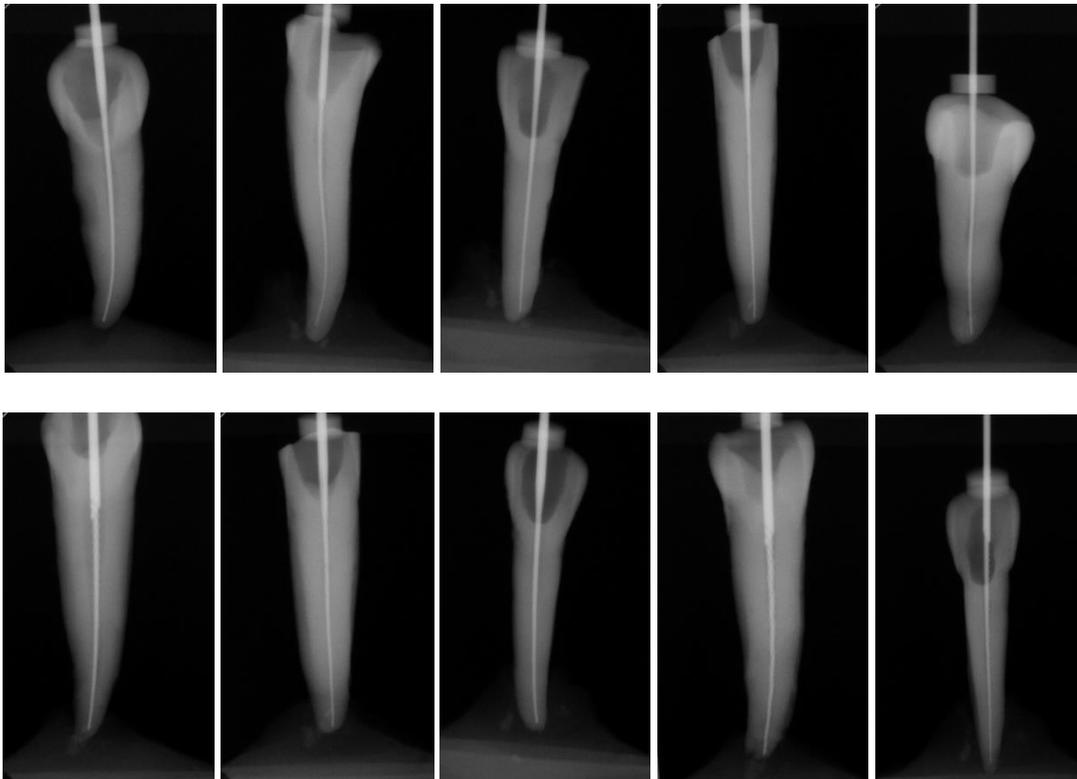


Fig. 13. Conductometría con imágenes de radiovisiógrafo en órganos dentales unirradiculares del estudio.

El procedimiento experimental en cada una de las etapas correspondientes al laboratorio de microbiología se realizó en la campana de flujo laminar con el objetivo de mantener el medio estéril (Fig.14).



Fig. 14. Campana de flujo laminar: Recinto que emplea un ventilador para forzar el paso de aire a través de un filtro HEPA o ULPA y proporcionar aire limpio a la zona de trabajo libre de partículas de hasta 0.1 micras.

Con un asa de siembra previamente estéril se tocaron las superficies convexas de 4 o 5 colonias de *Enterococcus faecalis*, dicha asa se sumergió en 10 mL de caldo Mueller-Hinton, se enjuagó bien en el líquido para descargar todo el material y luego se retira el asa, este tubo de cultivo se incubó a 37°C durante aproximadamente 18 a 24 horas, o hasta que la turbidez del medio fue equivalente al estándar N° 0.5 de MacFarland. Esto equivale a una concentración de aproximadamente 1.5×10^8 UFC/mL. El estándar 0.5 de MacFarland se preparó añadiendo 0.5 mL de sulfato de bario a 99.5 ml de H_2SO_4 0.36 N. La comparación de la turbidez entre el estándar y el caldo con el organismo en estudio se efectuó con un espectrofotómetro a 640 nm, para verificar que los cultivos se encuentren con 1.5×10^8 UFC/mL, una vez obtenida esta cantidad se realizó una dilución para tener en 10 mL de caldo 1 a 1.5×10^5 UFC/mL (Fig.15).

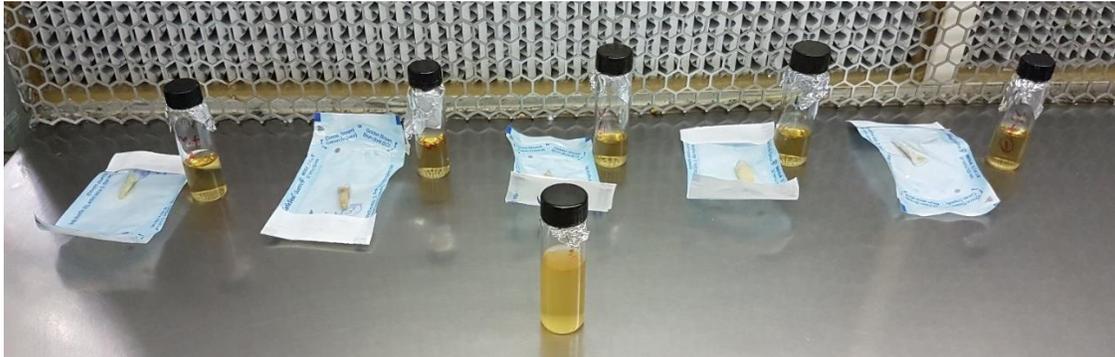


Fig. 15. Inóculo de *Enterococcus faecalis* en caldo Mueller-Hinton, observando turbidez en el frasco. De igual manera se observan órganos dentales y caldo Mueller-Hinton estériles para su inoculación con la bacteria.

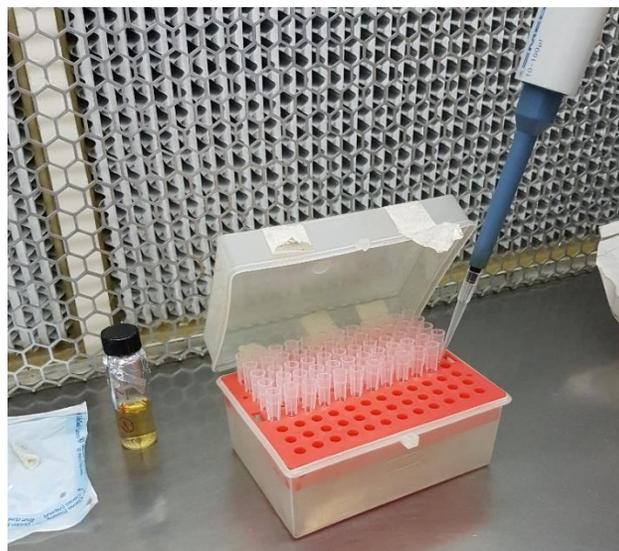


Fig. 16. Micropipeta con puntas estériles que permite la toma del frasco del inóculo y la colocación en el caldo Mueller-Hinton.

Estando preparados los cultivos en caldo Mueller-Hinton, se inoculó la bacteria *Enterococcus faecalis* en los dientes previamente estériles que se prepararon como se mencionó anteriormente (Fig.18), para poder infectarlos con la bacteria en cuestión, se incubaron durante 24 horas a 36°C en estufa de cultivo (Fig.19). A las 24 horas posteriores de incubación se observa la turbidez en los frascos con dientes previamente inoculados.



Fig. 17. Preparación del material para la inoculación del *Enterococcus faecalis* en órganos dentales previamente estériles.



Fig. 18. Se inocularon los órganos dentales en caldo Mueller-Hinton con *Enterococcus faecalis*.



Fig. 19. Los dientes inoculados se colocan en estufa de cultivo por 24 horas.

Preparación de conductos radiculares

El proceso de preparación y conformación endodóntica de cada uno de los grupos experimentales y grupos control se realizó con el sistema rotatorio Protaper Universal Dentsply® previamente estéril, se inició la instrumentación con la lima de preparación Sx utilizando movimientos de entrada y salida, para realizar una correcta apertura del acceso al conducto, se secó el conducto con puntas de papel Hygenic®, se realizó el

mismo procedimiento, ahora con la lima S₁, hasta llegar a la longitud de trabajo, se irrigó y se secó al igual que con la primer lima. Reconfirmando la longitud de trabajo con una lima ISO 15, se continuó instrumentando el conducto con movimientos de entrada y salida con una lima S₂, alcanzando nuevamente la longitud de trabajo y usando el mismo protocolo de irrigación y secado, se realizó el mismo procedimiento con la lima F₁, F₂ y F₃, siguiendo todo el protocolo planteado (Fig.21), corroborando la longitud de trabajo en cada paso con la lima ISO 15, durante todo el procedimiento de instrumentación rotatoria se realizó el método de irrigación específico correspondiente a cada grupo con una jeringa de 3 ml y puntas de irrigación Endo-Eze Ultradent® y se obtuvieron las muestras de cada diente con una lima ISO 30 tipo Hedstroem de la marca Dentsply® realizando un raspado del conducto a los 5, 10 y 15 minutos desde que se inició la instrumentación. La lima con el detritus dentinario obtenido se colocó en tubos con 5 mL de caldo Mueller-Hinton (Fig.29) y se puso en una incubadora a 36°C, sin mayor tensión de CO₂. Es preciso evitar presión de CO₂ debido a que se puede formar ácido carbónico en la superficie humedecida del agar, provocando un descenso de pH. El desarrollo de algunos microorganismos es debido al pH ácido, lo cual tiende a estrechar falsamente la zona de inhibición.

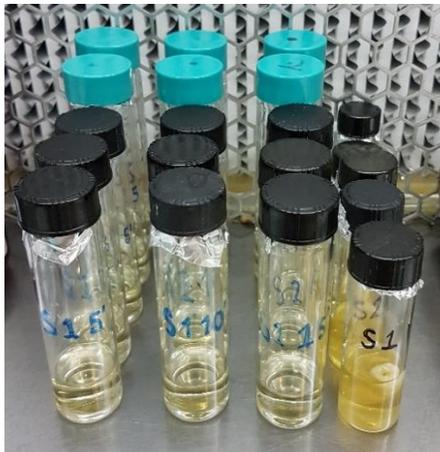


Fig. 20. Dientes inoculados y frascos de caldo Mueller-Hinton etiquetados con 5, 10 y 15 minutos para toma de muestras.



Fig. 21. Preparación e instrumentación de conductos radiculares con sistema rotatorio.

Grupos control negativos

Grupo A. Conformado por 5 órganos dentarios, que estuvieron previamente preparados con el acceso y ubicación de los conductos radiculares, se realizó la permeabilidad del conducto con una lima ISO 15 tipo K hasta la longitud real de trabajo. Fueron sumergidos en el caldo nutritivo al igual que los demás dientes y se irrigaron con agua destilada y se realizó el procedimiento de conformación endodóntica (Fig.22).

Grupo B. Misma cantidad de dientes, se les realizó la misma preparación, pero en este grupo se irrigo con agua destilada con sistema rotatorio y activación con ultrasonido.



Fig. 22. Grupo control negativo A; Irrigación con agua destilada y grupo control B; Irrigación con agua destilada activada con ultrasonido.

Grupos control positivos

Grupo C. Conformado por 5 órganos dentarios. Se colocó en este grupo la irrigación únicamente con Clorhexidina colutorio Perioxidín® al 0.12% (Fig.23).

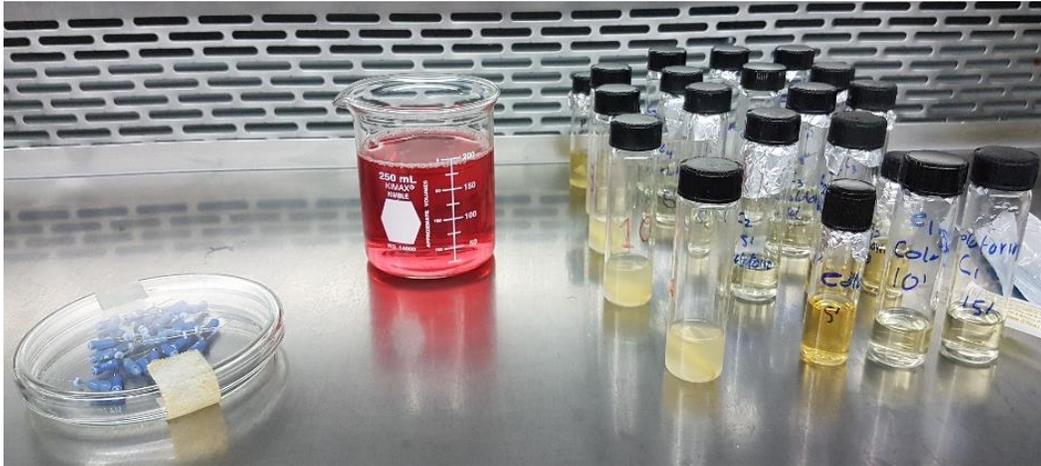


Fig. 23. Grupo control positivo C; irrigación con clorhexidina colutorio Peroxidín® al 0.12%.

Grupo D. 5 dientes más preparados igual que los anteriores, a los que se agregó en el conducto Clorhexidina FGM® en frasco al 2% (Fig.24).



Fig. 24. Grupo control positivo D; irrigación con clorhexidina FGM® en frasco al 2%.

Grupo E. Mismos número de dientes, a los cuales se les irrigó con Clorhexidina Consepsis Ultradent® en jeringa en concentración del 2% (Fig.25).

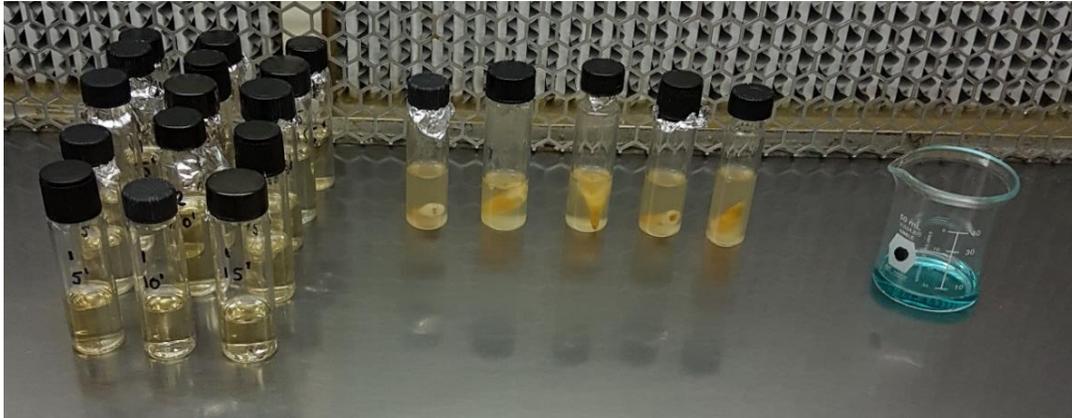


Fig. 25. Grupo control positivo E; irrigación con clorhexidina Consepsis Ultradent® en jeringa al 2%.

Grupos experimentales

Grupo F. En 5 dientes, se realizó la preparación biomecánica del conducto radicular con el sistema rotatorio Protaper Universal®, usando Clorhexidina colutorio Perioxidín® al 0.12%.

Grupo G. En este grupo de 5 dientes, se llevó a cabo el mismo procedimiento de preparación del conducto radicular, utilizando Clorhexidina colutorio Perioxidín® al 0.12%, pero se cambió la forma de irrigación, es decir, después de que irrigamos con la jeringa de 3ml, se colocó en el conducto radicular un sistema de ultrasonido con una punta endodóntica (Fig.27) para ayudar a la remoción del detritus dentinario generado por la preparación biomecánica de las limas, y así permitir que el irrigante tenga contacto directo con los microorganismos encontrados en la dentina.

Grupo H. Se realizó la preparación de los conductos radiculares de 5 dientes más, con el mismo sistema y procedimiento, utilizando ahora la Clorhexidina frasco FGM® al 2%, la irrigación que se llevó a cabo fue de manera convencional utilizando jeringa de 3 ml y aguja Endo-Eze Ultradent®.

Grupo I. 5 dientes más a los que se les realizó el mismo procedimiento de preparación biomecánica de los conductos radiculares, utilizando en este grupo Clorhexidina frasco FGM® al 2%, y cambiando a la técnica de irrigación coadyuvada con el sistema de ultrasonido (Fig.27).

Grupo J. 5 dientes realizando el mismo procedimiento de preparación biomecánica intrarradicular, utilizando Clorhexidina en Jeringa Consepsis Ultradent® al 2% con técnica de irrigación convencional.

Grupo K. Se llevó a cabo el procedimiento descrito anteriormente utilizando 5 dientes, con irrigación basada en ultrasonido (Fig.27) con una jeringa de 3 ml y aguja Endo-Eze®, se administró Clorhexidina en Jeringa Consepsis Ultradent® al 2%.

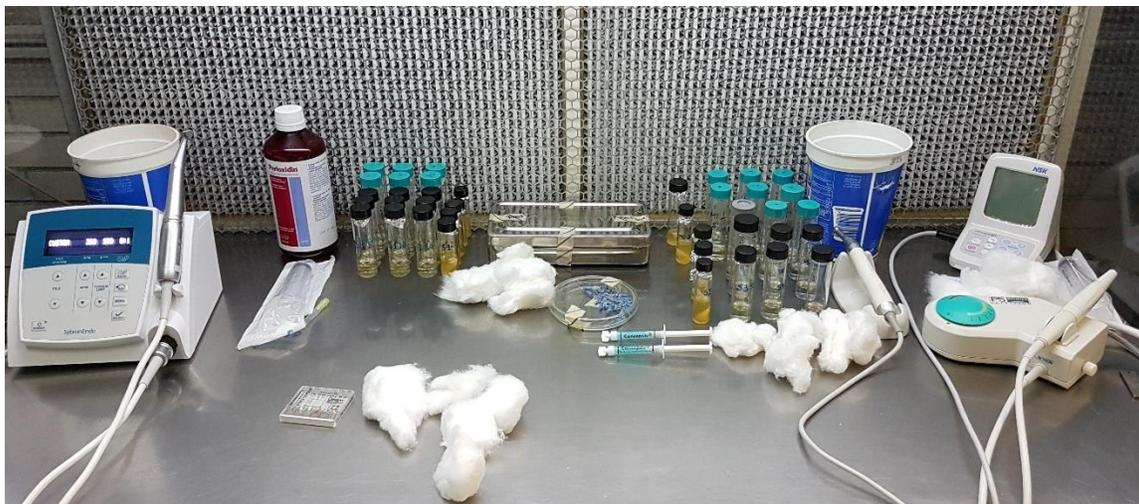


Fig. 26. Área de trabajo para la preparación de grupos experimentales. Del lado izquierdo se observa motor de endodoncia y del lado derecho se colocó motor de endodoncia complementando con sistema de ultrasonido.



Fig. 27. Activación del irrigante mediante energía ultrasónica.



Fig. 28. Preparación biomecánica con sistema rotatorio.

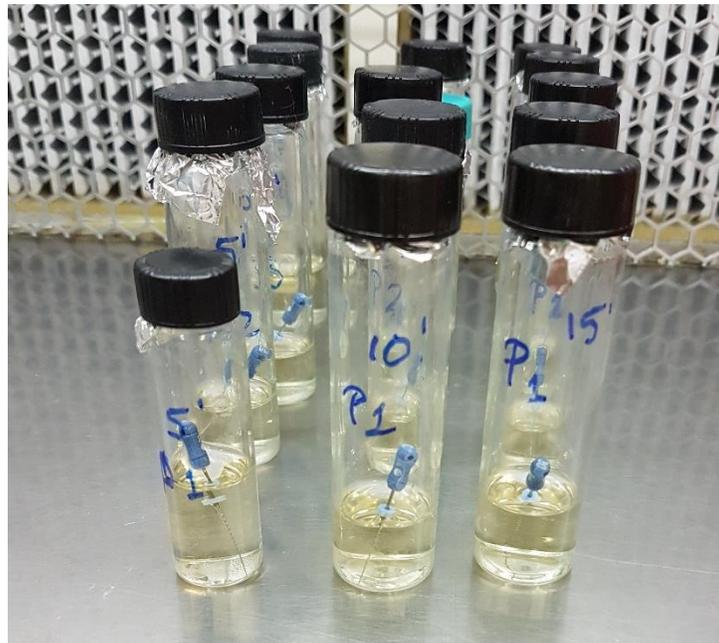


Fig. 29. Limas 30 tipo H con muestras dentinarias del interior del conducto a los 5, 10 y 15 minutos del protocolo de irrigación e instrumentación.

Obtención de resultados

Para contar el número de microorganismos de *E. faecalis* se tomaron muestras de los diferentes dientes de cada grupo y asimismo de los diferentes tiempos por cada diente y se colocaron en cajas septadas con tres divisiones en agar, previamente incubadas; utilizando las cajas libres de colonias bacterianas y desechando las que presentaron formación de bacterias.

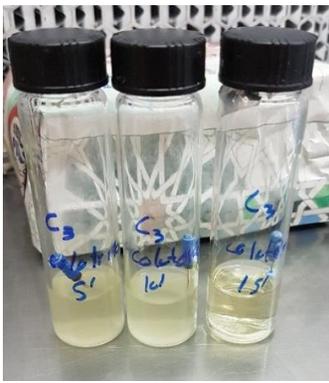


Fig. 30. Frascos con muestras dentinarias intraconducto después de 24 horas de incubación.

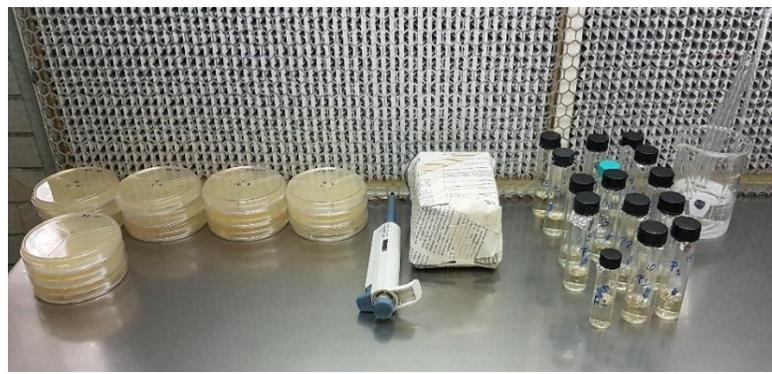


Fig. 31. Área preparada para el cultivo en agar de las muestras obtenidas en cada grupo experimental y control.

La técnica de cultivo de las muestras se realizó con una micropipeta y punta estéril con los cuales se tomaron 50 μL (Fig.32) directo del frasco vial que contenía la muestra de la lima previamente incubada por 24 horas y se colocó en la división de agar marcada como **A** (Fig.33) distribuyendo el contenido sobre la división correspondiente con un asa de vidrio estéril (Fig.34); se realizó una dilución 1:100 del cultivo, para lo cual se tomaron otros 50 μL que se colocaron en un frasco vial con 5 mL de cloruro de sodio al 0.9% estéril, de esta dilución se tomaron 50 μL y se colocó en la división de agar marcada como **B** esparciendo con asa de vidrio; finalmente se realizó una dilución 1:10000, para lo cual de la dilución 1:100 se tomarán otros 50 μL que se colocaron en un frasco vial con 5 mL de cloruro de sodio al 0.9% estéril, de esta dilución se tomaron 50 μL y se colocaron en la división marcada como **C** extendiendo el contenido con asa de vidrio (Fig.34). Las cajas se incubaron por 24 horas a 36°C (Fig. 35).



Fig. 32. Toma de 50 μ L del frasco vial de la muestra cultivada con micropipeta y punta estéril.



Fig. 33. Colocación de los 50 μ L en la caja de Petri septada con medio de cultivo en agar.



Fig. 34. Técnica de siembra en agar por extensión superficial con asa de vidrio estéril.



Fig. 35. Incubación de cajas de Petri en estufa de cultivo.



Se contaron las colonias de cada concentración y dilución. Por otra parte, se le asignó el 100% de sobrevivencia al grupo testigo, el cual se tomó como referencia para evaluar la actividad del protocolo de esterilización de los anillos con la lámpara de luz UV.

CONSIDERACIONES ÉTICAS Y LEGALES

Con lo referente a los dientes a utilizar en el proyecto, se obtuvieron directamente de los pacientes que acuden a la clínica Odontológica Iztacala, siendo estos candidatos para extracciones, se les otorgó un consentimiento informado donde dieron su aprobación para utilizar los órganos dentarios en esta investigación (Anexo 1).

Una vez realizada la investigación y obtenidos los resultados, se esterilizaron, se sellaron en una bolsa roja de desechos infecto contagiosos y se llevaron al área de bioseguridad, donde se desecharon de acuerdo con lo establecido en la normatividad de la institución.

Las cepas bacterianas de *E. faecalis* fueron recogidas y utilizadas según el título cuarto que trata de la Bioseguridad de las Investigaciones y del capítulo I, que trata de la Investigación con Microorganismos patógenos o Material Biológico que pueda contenerlos del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud.

Una vez realizada la investigación y con los resultados obtenidos, se esterilizaron las cajas Petri utilizadas, se sellaron en una bolsa roja de desechos infecto contagiosos y se enviaron al área de bioseguridad, donde se desecharon de acuerdo con lo establecido en la normatividad de la institución.

RESULTADOS

Se tomaron muestras con limas tipo H a los 5, 10 y 15 minutos durante la instrumentación rotatoria y la irrigación convencional y ultrasónica con el gluconato de clorhexidina en los diferentes grupos experimentales y grupos control, agrupándose en diferentes presentaciones comerciales y técnicas de irrigación.

Con la utilización de la técnica de siembra por extensión superficial se realizó el recuento del número de microorganismos posterior a la incubación por 24 horas a 36°C. El conteo de UFC se basa en la división A de la caja de Petri septada correspondiente a la muestra concentrada.

En base al conteo de UFC de los conductos evaluados a los 5, 10 y 15 minutos se determinó la eficacia de la clorhexidina en sus tres diferentes presentaciones con técnica de irrigación convencional y ultrasónica contra el *E. faecalis*.

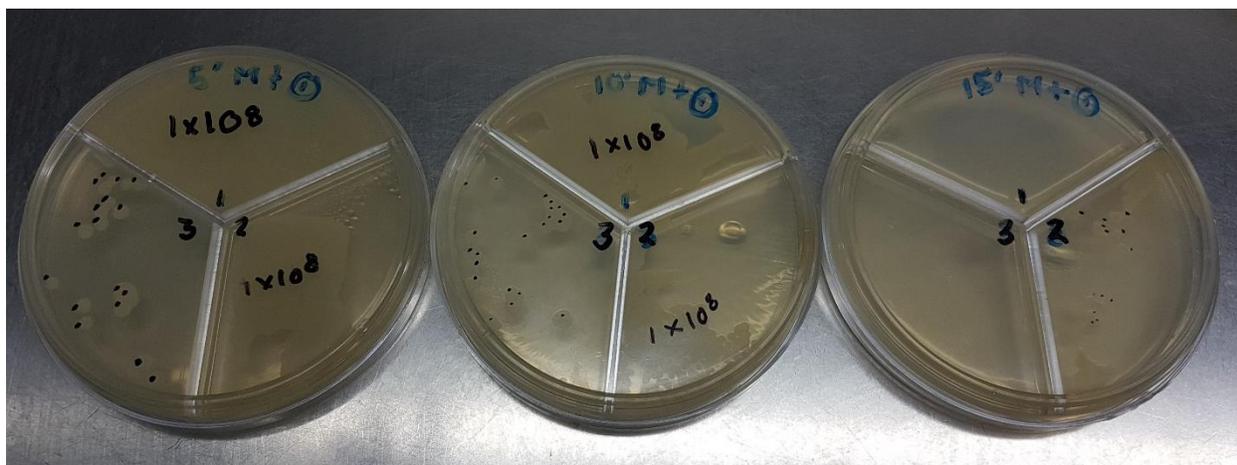


Fig. 36. Conteo de colonias bacterianas en las distintas diluciones de la muestra ubicadas por las divisiones de la caja de Petri septada.



Tabla 1. Datos en UFC / mL en concentrado de agar división A de caja de Petri septada a los 5 minutos. Grupos control

	Grupo A Agua destilada con sistema rotatorio control negativo	Grupo B Agua destilada con sistema rotatorio y ultrasonido control negativo	Grupo C CHX 0.12% colutorio Peroxidín control positivo	Grupo D CHX 2% frasco FGM control positivo	Grupo E CHX 2% jeringa Ultradent control positivo
Diente 1	100000000	100000000	0	0	100000000
Diente 2	100000000	100000000	100000000	100000000	0
Diente 3	100000000	100000000	100000000	0	0
Diente 4	100000000	100000000	100000000	0	0
Diente 5	100000000	100000000	0	20700	0

Tabla 2. Datos en UFC / mL en concentrado de agar división A de caja de Petri septada a los 10 minutos. Grupos control

	Grupo A Agua destilada con sistema rotatorio control negativo	Grupo B Agua destilada con sistema rotatorio y ultrasonido control negativo	Grupo C CHX 0.12% colutorio Peroxidín control positivo	Grupo D CHX 2% frasco FGM control positivo	Grupo E CHX 2% jeringa Ultradent control positivo
Diente 1	100000000	100000000	0	0	9200
Diente 2	100000000	100000000	100000000	100000000	0
Diente 3	100000000	100000000	100000000	0	0
Diente 4	100000000	100000000	0	0	0
Diente 5	100000000	100000000	0	0	0



Tabla 3. Datos en UFC / mL en concentrado de agar división A de caja de Petri septada a los 15 minutos. Grupos control

	Grupo A Agua destilada con sistema rotatorio control negativo	Grupo B Agua destilada con sistema rotatorio y ultrasonido control negativo	Grupo C CHX 0.12% colutorio Peroxidín control positivo	Grupo D CHX 2% frasco FGM control positivo	Grupo E CHX 2% jeringa Ultradent control positivo
Diente 1	100000000	100000000	0	0	0
Diente 2	100000000	100000000	0	100	0
Diente 3	100000000	100000000	0	0	0
Diente 4	100000000	100000000	0	100	0
Diente 5	100000000	100000000	0	0	0

Tabla 4. Datos en UFC / mL en concentrado de agar división A de caja de Petri septada a los 5 minutos. Grupos Experimentales

	Grupo F CHX 0.12% Colutorio Peroxidín con sistema rotatorio	Grupo G CHX 0.12% Colutorio Peroxidín con sistema rotatorio y ultrasonido	Grupo H CHX 2% frasco FGM con sistema rotatorio	Grupo I CHX 2% frasco FGM con sistema rotatorio y ultrasonido	Grupo J CHX 2% jeringa Ultradent con sistema rotatorio	Grupo K CHX 2% jeringa Ultradent con sistema rotatorio y ultrasonido
Diente 1	0	100000000	0	0	0	0
Diente 2	100000000	100000000	0	0	0	0
Diente 3	0	7800	0	0	0	100
Diente 4	1300	0	100000000	0	0	300
Diente 5	100000000	100000000	0	0	0	100000000



Tabla 5. Datos en UFC / mL en concentrado de agar división A de caja de Petri septada a los 10 minutos. Grupos Experimentales

	Grupo F CHX 0.12% Colutorio Perioxidin con sistema rotatorio	Grupo G CHX 0.12% Colutorio Perioxidin con sistema rotatorio y ultrasonido	Grupo H CHX 2% frasco FGM con sistema rotatorio	Grupo I CHX 2% frasco FGM con sistema rotatorio y ultrasonido	Grupo J CHX 2% jeringa Ultradent con sistema rotatorio	Grupo K CHX 2% jeringa Ultradent con sistema rotatorio y ultrasonido
Diente 1	0	100000000	100	0	0	0
Diente 2	0	0	0	0	100	0
Diente 3	0	100	0	0	0	0
Diente 4	0	0	0	0	0	0
Diente 5	100000000	100000000	100	100	0	0

Tabla 6. Datos en UFC / mL en concentrado de agar división A de caja de Petri septada a los 15 minutos. Grupos Experimentales

	Grupo F CHX 0.12% Colutorio Perioxidin con sistema rotatorio	Grupo G CHX 0.12% Colutorio Perioxidin con sistema rotatorio y ultrasonido	Grupo H CHX 2% frasco FGM con sistema rotatorio	Grupo I CHX 2% frasco FGM con sistema rotatorio y ultrasonido	Grupo J CHX 2% jeringa Ultradent con sistema rotatorio	Grupo K CHX 2% jeringa Ultradent con sistema rotatorio y ultrasonido
Diente 1	0	0	0	0	0	0
Diente 2	0	100000000	0	0	0	0
Diente 3	0	0	0	0	0	0
Diente 4	0	0	0	0	0	200
Diente 5	100000000	100000000	0	0	0	100000000

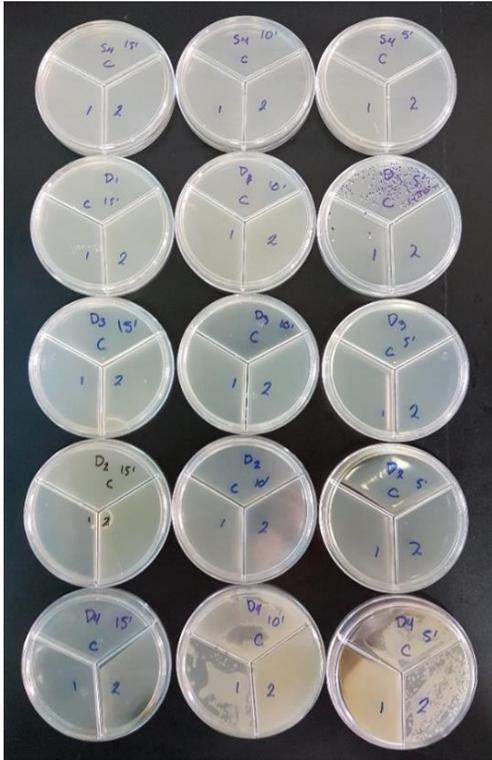


Fig. 37. Análisis microbiológico de cajas de Petri donde se observan las colonias bacterianas a los 5 y 10 minutos de irrigación. En 15 minutos no se observan formación de bacterias.

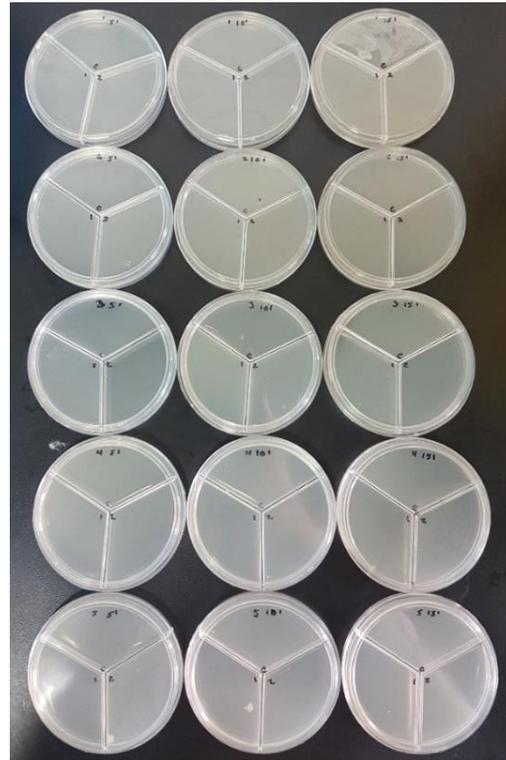


Fig. 38. Cajas de Petri representando las 3 muestras a los 5, 10 y 15 minutos de 5 dientes de cada grupo. En este grupo no se observa formación de bacterias excepto en el primer diente mostrando únicamente a los 5 minutos.

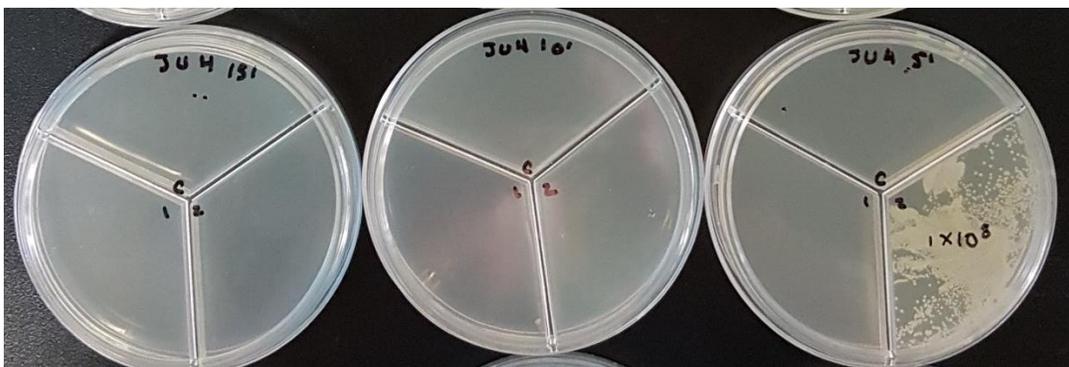


Fig. 39. El conteo de colonias bacterianas se determina 1×10^8 cuando se observa un crecimiento en área extensa sin definir.



Fig. 40. El conteo de colonias bacterianas se determina al contar áreas definidas de UFC. Para que las colonias puedan contarse de manera confiable se hacen diluciones decimales necesarias de la muestra, antes de ponerla en el medio de cultivo. En este caso se observa la muestra concentrada y dos diluciones con cloruro de sodio.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis estadístico de los 165 ensayos realizados para los diferentes grupos de tratamiento (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J y K) a los tres tiempos del protocolo de irrigación correspondiente (5', 10' y 15'). Se obtuvo el mínimo, máximo, moda, número de casos y número de datos en moda con lo cual posteriormente se calculó el porcentaje de efectividad entendida como el porcentaje de ensayos con UFC de cero. Asimismo, se elaboraron gráficas de barras por grupo de tratamiento y para cada grupo en diferentes tiempos.

Para el análisis de resultados de esta investigación se utilizó estadística descriptiva realizado con el paquete de cómputo estadístico minitab versión 18.



**Gráfica 1. Estadística descriptiva.
% de efectividad del gluconato de clorhexidina
contra el *Enterococcus faecalis***

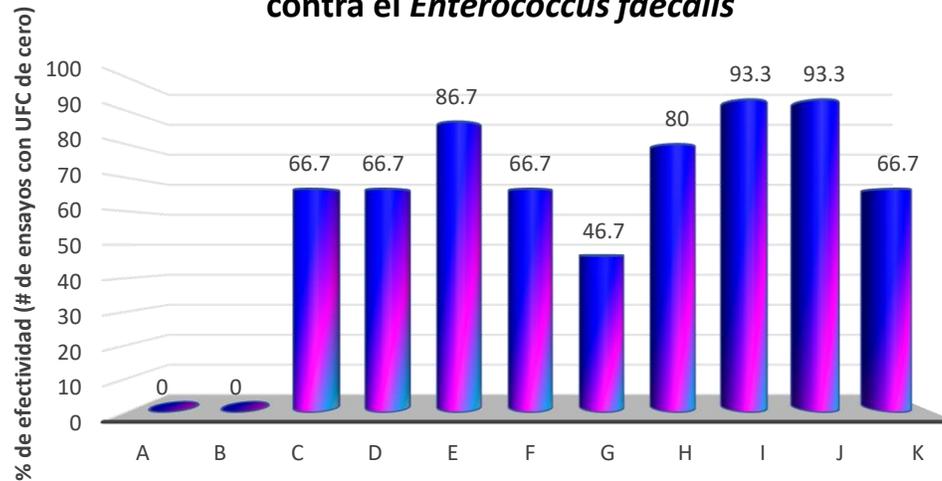


Tabla 7. Estadística descriptiva de los grupos control y experimentales de la investigación

Variable	Tratamiento	N	Mínimo	Máximo	Moda	N por moda	% de ensayos con UFC de cero. Efectividad
UFC	A: Agua destilada con sistema rotatorio control negativo	15	100000000	100000000	100000000	15	0
	B: Agua destilada con sistema rotatorio y ultrasonido control negativo	15	100000000	100000000	100000000	15	0
	C: CHX 0.12% colutorio Perioxidin control positivo	15	0	100000000	0	10	66.7
	D: CHX 2% frasco FGM control positivo	15	0	100000000	0	10	66.7
	E: CHX 2% jeringa Ultradent control positivo	15	0	100000000	0	13	86.7
	F: CHX 0.12% Colutorio Perioxidin con sistema rotatorio	15	0	100000000	0	10	66.7
	G: CHX 0.12% Colutorio Perioxidin con sistema rotatorio y ultrasonido	15	0	100000000	100000000	7	46.7
	H: CHX 2% frasco FGM con sistema rotatorio	15	0	100000000	0	12	80
	I: CHX 2% frasco FGM con sistema rotatorio y ultrasonido	15	0	100	0	14	93.3
	J: CHX 2% jeringa Ultradent con sistema rotatorio	15	0	100	0	14	93.3
	K: CHX 2% jeringa Ultradent con sistema rotatorio y ultrasonido	15	0	100000000	0	10	66.7



Estadística descriptiva de los resultados por tiempo a los 5 minutos

En la tabla estadística de UFC a los 5 minutos se obtiene el mínimo, máximo, moda, N por moda y % de ensayos con UFC de cero correspondiente a la efectividad. Se comprueba que la clorhexidina al 0.12% en el grupo F y grupo G correspondiente al colutorio Perioxidín® es menos efectivo que en el grupo I y grupo J, donde se eliminan en su totalidad las colonias de *E. faecalis* a los 5 minutos, que representa la clorhexidina al 2% en frasco FGM® con sistema rotatorio e irrigación ultrasónica y la clorhexidina al 2% en jeringa Ultradent® con sistema rotatorio, respectivamente. En grupos control se observa la disminución del *E. faecalis* solo con la presencia del irrigante en el conducto; sobresaliendo el grupo E el cual representa la clorhexidina al 2% en jeringa Ultradent®.

Tabla 8. Estadística descriptiva de los resultados a los 5 minutos de los grupos control y experimentales de la investigación.

Variable	Tratamiento	N	Mínimo	Máximo	Moda	N por moda	% de ensayos con UFC de cero. Efectividad
UFC	A: Agua destilada con sistema rotatorio control negativo	5	100000000	100000000	100000000	5	0
	B: Agua destilada con sistema rotatorio y ultrasonido control negativo	5	100000000	100000000	100000000	5	0
	C: CHX 0.12% colutorio Perioxidín control positivo	5	0	100000000	100000000	3	60
	D: CHX 2% frasco FGM control positivo	5	0	100000000	0	3	60
	E: CHX 2% jeringa Ultradent control positivo	5	0	100000000	0	4	80
	F: CHX 0.12% Colutorio Perioxidín con sistema rotatorio	5	0	100000000	0	2	40
	G: CHX 0.12% Colutorio Perioxidín con sistema rotatorio y ultrasonido	5	0	100000000	100000000	3	60
	H: CHX 2% frasco FGM con sistema rotatorio	5	0	100000000	0	4	80
	I: CHX 2% frasco FGM con sistema rotatorio y ultrasonido	5	0	0	0	5	100
	J: CHX 2% jeringa Ultradent con sistema rotatorio	5	0	0	0	5	100
	K: CHX 2% jeringa Ultradent con sistema rotatorio y ultrasonido	5	0	100000000	0	2	40



Estadística descriptiva de los resultados por tiempo a los 10 minutos

En la siguiente tabla estadística se observa una evidente efectividad a los 10 minutos de cantidad de UFC. El grupo D, F y K a los 10 minutos muestra una disminución importante de *E. faecalis*, en el grupo I y grupo J se observa un mínimo incremento de colonias. Todos los grupos previamente descritos en comparación con los datos de UFC a los 5 minutos. En grupos control se observa gran eficacia en clorhexidina en concentración 2% tanto en la presentación de frasco FGM® como en jeringa Ultradent®.

Tabla 9. Estadística descriptiva de los resultados a los 10 minutos de los grupos control y experimentales de la investigación.

Variable	Tratamiento	N	Mínimo	Máximo	Moda	N por moda	% de ensayos con UFC de cero. Efectividad
UFC	A: Agua destilada con sistema rotatorio control negativo	5	100000000	100000000	100000000	5	0
	B: Agua destilada con sistema rotatorio y ultrasonido control negativo	5	100000000	100000000	100000000	5	0
	C: CHX 0.12% colutorio Perioxidin control positivo	5	0	100000000	0	3	60
	D: CHX 2% frasco FGM control positivo	5	0	100000000	0	4	80
	E: CHX 2% jeringa Ultradent control positivo	5	0	9200	0	4	80
	F: CHX 0.12% Colutorio Perioxidin con sistema rotatorio	5	0	100000000	0	4	80
	G: CHX 0.12% Colutorio Perioxidin con sistema rotatorio y ultrasonido	5	0	100000000	0	2	40
	H: CHX 2% frasco FGM con sistema rotatorio	5	0	100	0	3	60
	I: CHX 2% frasco FGM con sistema rotatorio y ultrasonido	5	0	100	0	4	80
	J: CHX 2% jeringa Ultradent con sistema rotatorio	5	0	100	0	4	80
	K: CHX 2% jeringa Ultradent con sistema rotatorio y ultrasonido	5	0	0	0	5	100



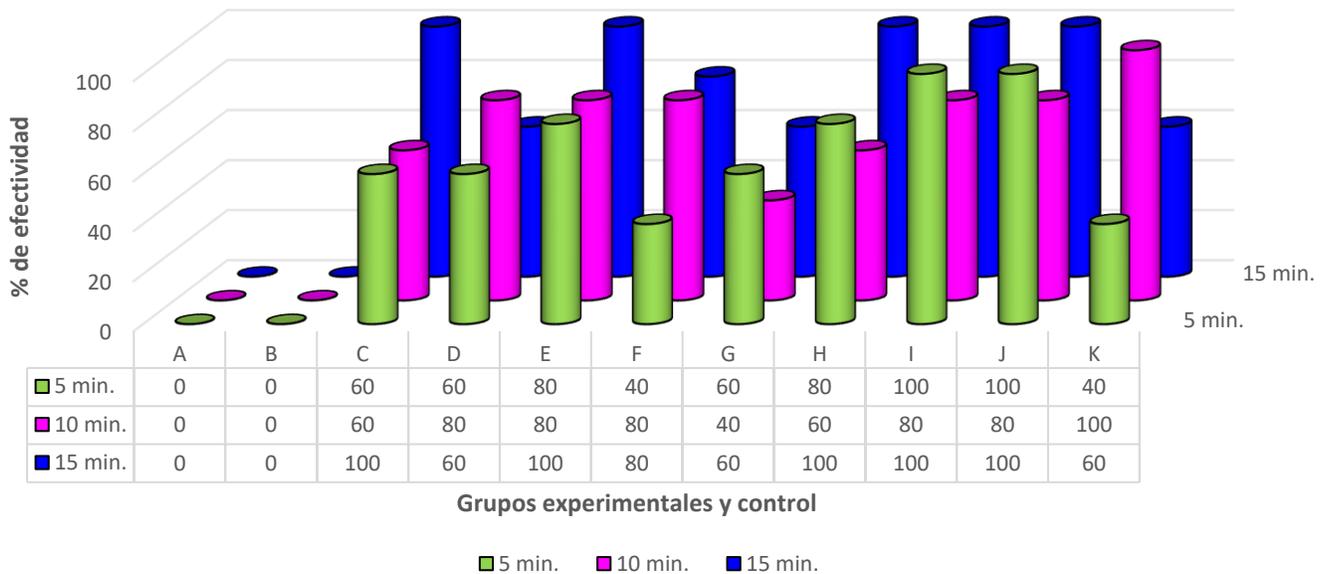
Estadística descriptiva de los resultados por tiempo a los 15 minutos.

En el análisis estadístico del conteo de UFC de *Enterococcus faecalis* a los 15 minutos se mantiene la efectividad en el grupo F, por otra parte, un incremento en los grupos C, E, G, H, I y J en comparación con el conteo de UFC a los 10 minutos. Por lo tanto, la clorhexidina al 2% en frasco FGM® y Clorhexidina en jeringa Ultradent® representan una mayor eficacia contra el *Enterococcus faecalis* como irrigante en el conducto radicular.

Tabla 10. Estadística descriptiva de los resultados a los 15 minutos de los grupos control y experimentales de la investigación.

Variable	Tratamiento	N	Mínimo	Máximo	Moda	N por mod	% de ensayos con UFC de cero.
UFC	A: Agua destilada con sistema rotatorio control negativo	5	100000000	100000000	100000000	5	0
	B: Agua destilada con sistema rotatorio y ultrasonido control negativo	5	100000000	100000000	100000000	5	0
	C: CHX 0.12% colutorio Perioxidin control positivo	5	0	0	0	5	100
	D: CHX 2% frasco FGM control positivo	5	0	100	0	3	60
	E: CHX 2% jeringa Ultradent control positivo	5	0	0	0	5	100
	F: CHX 0.12% Colutorio Perioxidin con sistema rotatorio	5	0	100000000	0	4	80
	G: CHX 0.12% Colutorio Perioxidin con sistema rotatorio y ultrasonido	5	0	100000000	0	3	60
	H: CHX 2% frasco FGM con sistema rotatorio	5	0	0	0	5	100
	I: CHX 2% frasco FGM con sistema rotatorio y ultrasonido	5	0	0	0	5	100
	J: CHX 2% jeringa Ultradent con sistema rotatorio	5	0	0	0	5	100
	K: CHX 2% jeringa Ultradent con sistema rotatorio y ultrasonido	5	0	100000000	0	3	60

**Gráfica 2. % de efectividad del gluconato de clorhexidina contra el *Enterococcus faecalis*
Comparación entre grupos en diferentes tiempos**



DISCUSIÓN

La limpieza y desinfección de todas las áreas del conducto radicular mediante soluciones irrigantes se considera esencial para el éxito del tratamiento endodóntico.

Numerosos estudios han demostrado que, durante la preparación mecánica, quedan zonas del conducto que no son tocadas por los instrumentos, actuando únicamente sobre el cuerpo central del conducto.

El gluconato de clorhexidina surge como una opción alterna en la irrigación de conductos debido a su potente acción antimicrobiana, elevada sustentividad, nula citotoxicidad, como principales características al compararlo con otras sustancias irrigantes.

El propósito de este estudio de investigación fue conocer la efectividad de diferentes concentraciones y presentaciones comerciales del gluconato de clorhexidina como uso de



irrigante endodóntico sobre el número de colonias de *E. faecalis* en conductos de 55 dientes unirradiculares.

En diversos estudios ha sido evidenciada la influencia significativa del factor tiempo en la efectividad de agentes antimicrobianos sobre *E. faecalis*, así como este dependerá del tipo de agente irrigante y la concentración de este ⁹⁸. En un estudio publicado en 2003 por Oncag y cols.⁹⁹ se demostró la efectividad superior del gluconato de clorhexidina al 2% sobre el hipoclorito de sodio al 5.25% en períodos de tiempo iguales contra *E. faecalis*, así como sus mayores efectos residuales y menor toxicidad, a su vez el gluconato de clorhexidina al 2% sería una buena alternativa en pacientes que presenten reacciones de hipersensibilidad al NaClO, como lo reportan Dandakis y cols ¹⁰⁰.

En la presente investigación se utilizó gluconato de clorhexidina en concentraciones de 0.12% en presentación colutorio Periooxidin® y 2% en frasco FGM® y jeringa transparente consepsis Ultradent®. La concentración del 0.12% no ha resultado muy efectiva frente a las colonias de *E. faecalis* ya que, para ejercer una actividad bactericida in vitro, tiene que actuar al menos durante 25 minutos como lo menciona Sassone y cols.¹⁰¹ en sus trabajos donde usaron el test de contacto directo cuantitativo y afirmaron que eran necesarios 30 minutos, como mínimo, para que la solución de clorhexidina al 0.12% eliminara al *E. faecalis*. Concentraciones mayores del 0.5% y 1% necesitaron un tiempo de contacto por debajo de 5 minutos. En cuanto a los resultados de la presente investigación se observó que la clorhexidina en concentración del 2% mostro capacidad bactericida frente al *E. faecalis* a partir de los 5 minutos de trabajo biomecánico con irrigación ultrasónica o convencional.

Vianna y cols.¹⁰² y Gomes y cols.⁹⁸ realizaron un estudio donde evalúan la efectividad antimicrobiana de la CHX al 0.2%, 1% y 2% en líquido y gel sobre *E. faecalis*. Ambos coinciden en afirmar que el tiempo requerido para la erradicación total del microorganismo fue inversamente proporcional a la concentración; así, el gel de CHX al 2% detuvo el crecimiento del microorganismo al minuto, y el líquido de CHX al 2 % necesitó solo 15-30 segundos de contacto para su erradicación.



Yan y cols.¹⁰³ señalan que la clorhexidina posee la capacidad de sustantividad, la cual se da por la liberación de moléculas cargadas positivamente provenientes de la dentina tratada con clorhexidina, estas moléculas liberadas se adhieren a la bacteria, interfiriendo así con su adhesión a la dentina y causando daño en la membrana citoplasmática.

Concentraciones de clorhexidina al 2% han demostrado su acción antibacteriana sobre el *E. faecalis*, como reportan Pupo y cols.¹⁰⁴ en su trabajo donde consiguieron 96.5% de efectividad, se logró eliminarlo del interior de los conductos radiculares, además de tener la propiedad de sustantividad.

Por otra parte, Valera y cols.¹⁰⁵ evaluaron la sustantividad antimicrobiana de diferentes irrigantes como el gluconato de clorhexidina al 2%, povidona yodada al 1%, peróxido de hidrógeno al 2.5%, hipoclorito de sodio al 2% y solución salina, se evidenció el mayor resultado en actividad antimicrobiana y sustantividad de la clorhexidina al 2% como irrigante durante 72 horas, recomendándolo para ser este utilizado como efectivo en el protocolo de irrigación final en tratamiento endodónticos.

Reportes como el de Abou-Rass y Patonai¹⁰⁶ afirman que la tensión superficial del gluconato de clorhexidina es menor que la del NaClO, por lo que podría penetrar más fácilmente los túbulos dentinarios y así obtener mejores resultados.

El uso de sistema de irrigación ultrasónica en este estudio no presenta diferencia significativa comparando con la técnica de irrigación convencional, sin embargo, en 2010, Harrison y cols.¹⁰⁷ investigaron la capacidad de la irrigación ultrasónica para eliminar bacterias de las paredes del conducto radicular y túbulos dentinarios de dientes extraídos inoculados con *E. faecalis*. El estudio concluyó que 1 minuto de irrigación ultrasónica tras la preparación de conductos es un procedimiento altamente eficaz para el control bacteriano, y que se obtienen resultados equivalentes a 1 semana de medicación intraconducto con hidróxido cálcico.

Ayudando lo anterior en 2007, Carver y cols.¹⁰⁸ realizaron un estudio *in vivo*, en el que compararon la eficacia antibacteriana de una técnica manual/rotatoria frente a otra manual/rotatoria/ultrasónica en conductos mesiales de molares mandibulares necróticos de 31



pacientes adultos. Se llegó a la conclusión de que la adición de 1 minuto de irrigación ultrasónica resultó en una reducción significativa del recuento de UFC y cultivos positivos.

En la presente investigación se considera importante el uso del sistema ultrasónico de irrigación ya que los datos de diversos estudios demostraron que un minuto de irrigación continua ultrasónica producía una limpieza significativamente mayor en conductos e istmos de dientes vitales y necróticos ⁷. Este sistema también causó una reducción considerable en la cantidad de unidades formadoras de colonias en molares humanos necróticos ¹⁰⁸. Estos resultados positivos podrían ser atribuidos a la llegada continua de irrigante dentro del conducto y desintegración de biofilms bacterianos o erradicación de bacterias en su forma planctónica. Además, esta técnica también causó una reducción del tiempo requerido para la irrigación ultrasónica ¹⁰⁹.

A pesar de que los resultados obtenidos de la clorhexidina en colutorio con la concentración de 0.12% se encuentra por debajo del porcentaje de efectividad comparado con los otros grupos estudiados se observa que al igual que ocurre con el hipoclorito de sodio, la activación ultrasónica de una solución de clorhexidina de menor concentración podría aumentar su eficacia local en el sistema de conductos radiculares, manteniendo la baja toxicidad sistémica ¹¹⁰.

Es relevante mencionar que la clorhexidina es fotolítica, por lo que debe protegerse de la exposición a la luz, sin embargo, en este estudio no se observa diferencia en su efectividad al utilizar frasco de FGM® oscuro sin paso de luz y la jeringa transparente de consepsis Ultradent®, ambas presentaciones comerciales de clorhexidina al 2%. Aunque es estable a temperatura ambiente, también es termolábil y en altas temperaturas se descompone en cloroanilina (un compuesto altamente contaminante y con propiedades mutágenas); el almacenaje prolongado favorece la producción de anilinas. Se establece como valor máximo permitido de cloroanilina en preparados de clorhexidina destinados a uso humano 500 ppm y la mayoría de las soluciones disponibles en el mercado sólo tienen en torno a 5 ppm, por lo que conservan un amplio margen de seguridad. Experimentalmente, después de almacenar muestras de clorhexidina durante 6 meses a 40°C, no se consiguió alcanzar esa concentración



límite de cloroanilinas ¹¹¹. En cualquier caso, se recomienda conservar este antiséptico en un ambiente fresco y oscuro, y reponerlo con cierta frecuencia acorde con su caducidad.

La preparación biomecánica con el sistema Protaper brinda mayores beneficios por presentar mayor conicidad apical, conicidades múltiples, menos transporte, más rapidez debido a su capacidad de corte, mejor remoción de detritus por su diseño único y el uso de menos instrumentos ⁸⁹. Gracias a estas características fue un coadyuvante para la remoción de gran porcentaje de *E. faecalis*, además los resultados de este estudio indicaron una remoción eficaz de *E. faecalis*, en los grupos de gluconato de clorhexidina al 2% sin importar la presentación comercial utilizada y sin diferencia significativa entre diferentes técnicas de irrigación aplicadas en esta investigación.

CONCLUSIONES

En la actualidad existen diversas soluciones irrigantes con propiedades antimicrobianas relevantes. Es esencial tener un mejor conocimiento de sus características y su mecanismo de acción bactericida de cada solución, lo que nos permitirá incrementar la eficacia de la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares y por ende mejorar el pronóstico de la terapéutica endodóntica.

Existen diversos protocolos de irrigación utilizados para erradicar el *Enterococcus faecalis*, siendo en la evaluación de este estudio de investigación, que el gluconato de clorhexidina al 2% tiene la mayor efectividad antimicrobiana contra este microorganismo a los 15 minutos de irrigación, iniciando con resultados favorables desde los primeros 5 minutos del protocolo; además no se observan diferencias de efectividad por su presentación comercial utilizadas en este estudio.

Al valorar la cantidad de unidades formadoras de colonias del *E. faecalis* en los diferentes grupos se concluye que el gluconato de clorhexidina deber ser utilizada en concentraciones iguales o superiores al 2% durante 15 minutos como mínimo para obtener un aspecto



microbiano mayor, asimismo por su capacidad de sustentividad se libera continuamente en forma activa manteniendo niveles terapéuticos ideales.

En esta investigación no hubo diferencias en efectividad al implementar la activación de energía ultrasónica comparando con irrigación convencional, sin embargo, los métodos físicos ultrasónicos provocan que la sustancia irrigante penetre con mayor eficacia en zonas anatómicas de difícil acceso como son túbulos dentinarios, istmos, curvaturas, conductos laterales y accesorios, de igual manera perturban la estabilidad de la matriz del biofilm ayudando a su desintegración y eliminación.

Por otra parte, la clorhexidina se recomienda en casos clínicos con necrosis pulpar, retratamiento de conductos con o sin evidencia de patología periapical, esto es porque en dichas condiciones se localizan una gran cantidad de bacterias Gram positivas en el sistema de conductos, siendo estas las que tienen mayor susceptibilidad al gluconato de clorhexidina, o bien en casos con reabsorción apical, ápice abierto o perforaciones por su característica de nula citotoxicidad con tejidos periapicales.

Es fundamental cuidar de manera idónea la clorhexidina, verificando su fecha de caducidad y su almacenamiento para así asegurarse que siga manteniendo activa su función.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ Rocas IN, Siqueira JF, Santos KR. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. J Endod. 2004; 30(5): 315-20.
- ² Siqueira JF, Rocas IN. Exploiting Molecular Methods to Explore Endodontic Infections: Part 2- Redefining the Endodontic Microbiota. J Endod. 2005; 31(7): 488-98.
- ³ Sundqvist G. Ecology of the Root Canal Flora. J Endod. 1992; 18(9): 425-30.
- ⁴ Del Carpio-Perochena AE, Bramante CM, Duarte MA, Cavenago BC, Villas-boas MH, Graeff MS, et al. Biofilm dissolution and cleaning ability of different irrigant solutions on intraorally infected dentin. J Endod. 2011; 37(8): 1134-38.
- ⁵ Kanisavaran ZM. Chlorhexidine gluconate in endodontics: an update review. International dental journal. 2008; 58(5): 247-57.
- ⁶ Passarinho-Neto JG, Marchesan MA, Ferreira RB, Silva RG, Silva-Sousa YTC, Sousa-Neto MD. In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation. Aust Endod J. 2006; 32(3): 123-28.
- ⁷ Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. J Endod. 2005; 31(3): 166-170.
- ⁸ Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol. 1984; 58(5): 589-99.
- ⁹ Ram Z. Effectiveness of root canal irrigation. Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol. 1977; 44(2): 306-12.
- ¹⁰ Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. European Journal of Oral Sciences, 1981; 89(4): 321-28.
- ¹¹ Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiology, and Endodontology. 1998; 85(1): 86-93.
- ¹² Liébana Ureña J. Microbiología oral. 2nd ed. Madrid: Mc Graw-Hill-Interamericana; 2002.



- ¹³ Koneman EW, Allen S. Koneman. Diagnóstico Microbiológico/Microbiological diagnosis: Texto Y Atlas En Color/Text and Color Atlas. 5ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2008.
- ¹⁴ Siqueira JF, Magalhães KM, Roças IN. Bacterial reduction in infected root canals treated with 2.5% NaOCl as an irrigant and calcium hydroxide/camphorated paramonochlorophenol paste as an intracanal dressing. J Endod. 2007; 33(6): 667-72.
- ¹⁵ Canalda C, Braw E. Endodoncia, Técnica clínicas y bases científicas. 2nd ed. Barcelona: Elsevier; 2004.
- ¹⁶ Walters M, Baumgartner J, Gordon J. Efficacy of Irrigation with Rotary Instrumentation. J Endod. 2003; 28(12): 837-39.
- ¹⁷ Baca P, Junco P, Arias-Moliz MT, Gonzáles-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM. Residual and antimicrobial activity of final irrigation protocols on *Enterococcus faecalis* biofilm in dentin. J Endod. 2011; 37(3): 363-66.
- ¹⁸ Ponce de León Del Bello T, Wang N, Roane JB. CrownDown Tip Design and Shaping. J Endod. 2003; 29(8): 513-18.
- ¹⁹ Stallard RE. Periodontic-endodontic relationship. Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol. 1972; 34(2): 314-326.
- ²⁰ Hargreaves KM, Cohen S, Berman LH. Cohen's pathways of the pulp. 10th ed. St. Louis, Mo: Mosby Elsevier; 2011.
- ²¹ Pucci FM, Reig R. Conductos radiculares. Vol 1. Montevideo: Barreiro y Ramos; 1945.
- ²² De Deus QD, Horizonte B. Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accesory canals. J Endod. 1975; 1(11): 361-66.
- ²³ Lasala A. Endodoncia. 4ta. ed. Barcelona: Salvat Editores; 1992.
- ²⁴ Gutmann JL. Prevalence, location, and patency of accesory canals in the furcation region of permanent molars. J periodontology. 1978; 49(1): 21-26.
- ²⁵ Correa JMA, González RM, López IM, de la Cruz IO. Complejo dentino pulpar. Estructura y diagnóstico. Rev de Medicina Isla de la Juventud. 2013; 1(12): 82-99.
- ²⁶ Love R, Jenkinson H. Invasion of dentinal tubules by oral bacteria. Crit Rev Oral Biol Med 2002; 13(2): 171-83.
- ²⁷ Gómez de Ferraris ME, Campos Muñoz A. Histología y embriología bucodental. 1era. ed. Madrid: Médica Panamericana; 1999.



- ²⁸ Hillmann G, Geursten W. Light-microscopical investigation of the distribution of extracellular matrix molecules and calcifications in human dental pulps of various ages. *Cell and Tissue Research*. 1997; 289(1): 145-54.
- ²⁹ Nirola A, Grover S, Sharma A, Kaur D. Pulpal perio relations: Interdisciplinary diagnostic approach-I. *J Indian Society of Periodontology*. 2011; 15(1): 80.
- ³⁰ Burch JC, Hulen S. The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol*. 1972; 34(2): 262-68.
- ³¹ Withers JA, Brunsvold MA, Killoy WJ, Rahe AJ. The relationship of palato-gingival grooves to localized periodontal disease. *J Periodontol*. 1981; 52(1): 41-44.
- ³² Ørstavik D, Ford TP. *Essential endodontology: prevention and treatment of apical periodontitis*. 2nd ed. Oxford, UK: Blackwell Munksgaard.; 2008
- ³³ Jain H, Mulay S, Mullany P. Persistence of endodontic infection and *Enterococcus faecalis*: Role of horizontal gene transfer. *Gene reports*. 2016; 5: 112-16.
- ³⁴ Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol*. 1965; 20(3): 340-49.
- ³⁵ Siqueira JF. Microbial causes of endodontic flare-ups. *International Endodontic Journal*. 2003; 36(7): 453-63.
- ³⁶ Siquiera JF, Roças IN, Alves FR, Santos KR. Selected endodontic pathogens in the apical third of infected root canals: a molecular investigation. *J Endod*. 2004; 30(9): 638-43.
- ³⁷ Ricucci D, Siqueira JF. Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *J Endod*. 2010; 36(8): 1277-88.
- ³⁸ Davey M, O'toole G. Microbial biofilms: from Ecology to Molecular Genetics. *Microbiol Mol Biol Rev*. 2000; 64(4): 847-67.
- ³⁹ Tronstad L, Barnett F, Cervone F. Periapical bacterial plaque in teeth refractory to endodontic treatment. *Endodon Dent Traumatol*. 1990; 6(2): 73-77.
- ⁴⁰ Jefferson K. What drives bacteria to produce a biofilm?. *Microbiology letters*. 2004; 236(2): 163-73.
- ⁴¹ Svensäter G, Bergenholtz G. Biofilms in endodontic infections. *Endodontic Topics*. 2004; 9(1): 27-36.
- ⁴² Portenier I, Waltimo T, Haapasalo M. *Enterococcus faecalis* - the root canal survivor and 'star' in post-treatment disease. *Endod Topics*. 2003; 6(1): 135-59.



- ⁴³ Piard JC, Desmazeaud M. Inhibiting factors produced by lactic acid bacteria. 1. Oxygen metabolites and catabolism end-products. *Le lait*, 1991; 71(5): 525-41.
- ⁴⁴ Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, Owatz CB. *Enterococcus faecalis*: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod*. 2006; 32(2): 93-98.
- ⁴⁵ Tendolkar PM, Baghdayan AS, Shankar N. Pathogenic enterococci: new developments in the 21st century. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS*. 2003; 60(12): 2622-36.
- ⁴⁶ Jett B, Huycke M, Gilmore M. Virulence of Enterococci. *Clin Microbiol Rev*. 1994; 7(4): 462-78.
- ⁴⁷ Tagelsir A, Yassen GH, Gomez GF, Gregory RL. Effect of antimicrobials used in regenerative endodontic procedures on 3-week-old *Enterococcus faecalis* biofilm. *J Endod*. 2016; 42(2): 258-62.
- ⁴⁸ McHugh CP, Zhang P, Michalek S, Eleazer PD. pH required to kill *Enterococcus faecalis* in vitro. *Journal of endodontics*, 2004; 30(4): 218-19.
- ⁴⁹ 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 microbiology and immunology*. 2006; 21(5): 283-88.
- ⁵⁰ Sedgley CM, Lennan SL, Clewell DB. Prevalence, phenotype and genotype of oral enterococci. *Oral microbiology and immunology*, 2004; 19(2): 95-101.
- ⁵¹ Hubble TS, Hatton JF, Nallapareddy SR, Murray BE, Gillespie MJ. Influence of *Enterococcus faecalis* proteases and the collagen-binding protein, Ace, on adhesion to dentin. *Oral microbiology and immunology*. 2003; 18(2): 121-26.
- ⁵² Love RM. *Enterococcus faecalis*—a mechanism for its role in endodontic failure. *International endodontic journal*. 2001; 34(5): 399-405.
- ⁵³ Ørstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Dental Traumatology*. 1990; 6(4): 142-49.
- ⁵⁴ Haapasalo M, Ørstavik D. In vitro infection and of dentinal tubules. *Journal of dental research*. 1987; 66(8): 1375-79.
- ⁵⁵ Distel JW, Hatton JF, Gillespie MJ. Biofilm formation in medicated root canals. *J Endod*. 2002; 28(10): 689-93.
- ⁵⁶ Wang QQ, Zhang CF, Chu CH, Zhu XF. Prevalence of *Enterococcus faecalis* in saliva and filled root canals of teeth associated with apical periodontitis. *International journal of oral science*. 2012; 4(1): 19.



- ⁵⁷ Estrela, C. Ciencia endodóntica. 1ra ed. Sao Paulo: Artes Médicas Latinoamérica; 2005.
- ⁵⁸ Siqueira JF, Roças IN. Present status and future directions in endodontic microbiology. *Endod Topics*. 2014; 30(1): 3–22.
- ⁵⁹ Nair P. Pathogenesis of Apical Periodontitis and the Causes of Endodontic Failures. *Crit Rev Oral Biol Med*. 2004; 15(6): 348-81.
- ⁶⁰ Siqueira JF, Lopes HP. Treatment of endodontic infections. 1ra ed. London: Quintessence; 2011.
- ⁶¹ López Marcos JF. Etiología, clasificación y patogenia de la patología pulpar y periapical. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2004; 9: 52-62.
- ⁶² Gomes B, Martinho F. Comparison of Endotoxin Levels Found in Primary and Secondary Endodontic Infections. *J Endod*. 2012; 38(8): 1082-86.
- ⁶³ Bergenholtz G, Horsted-Bindslev P, Reit C. Endodoncia. 2nd ed. México: El Manual Moderno; 2011.
- ⁶⁴ Leonardo M, Leonardo M, Leal J. Endodoncia: tratamiento de los conductos radiculares. 2nd ed. Argentina: Médica Panamericana; 1994.
- ⁶⁵ Romani NF, Carlik J, Massafelli M, Canepa R, Nunes-Gentil S, de Oliveira S. Texto y atlas de técnicas clínicas endodónticas. 2nd ed. Brasil: Mc Graw-Hill – Interamericana; 1994.
- ⁶⁶ Maisto OA. Endodoncia. Irrigación y desinfección de conductos radiculares. 3ra ed. Buenos Aires: Mundi; 1975.
- ⁶⁷ Beus C, Safavi K, Stratton J, Kaufman B. Comparison of the effect of two endodontic irrigation protocols on the elimination of bacteria from root canal system: a prospective, randomized clinical trial. *J Endod*. 2012; 38(11): 1479-83.
- ⁶⁸ Basrani E, Cañete M, Blank A. Endodoncia integrada. Colombia: Actualidades Médico Odontológicas; 1999.
- ⁶⁹ Walton RE, Torabinejad M. Endodoncia. Principios y práctica clínica. 1ra ed. México: Mc Graw Hill Interamericana; 1991.
- ⁷⁰ Ma J, Tong Z, Ling J, Liu H, Wei X. The effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine irrigants on the antibacterial activities of alkaline media against *Enterococcus faecalis*. *Archives of oral biology*. 2015; 60(7): 1075-81.



- ⁷¹ Harrison WH. Irrigación del sistema canalicular de la raíz. Clínicas Odontológicas de Norteamérica. México: Interamericana; 1997
- ⁷² Naenni N, Thoma K, Zehnder M. Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *J Endod.* 2004; 30(11): 785-87.
- ⁷³ Mohammadi Z, Jafarzadeh H, Shalavi S. Antimicrobial efficacy of chlorhexidine as a root canal irrigant: a literature review. *J oral science.* 2014; 56(2): 99-103.
- ⁷⁴ Gomes BP, Vianna ME, Zaia AA, Almeida JFA, Souza-Filho FJ, Ferraz CC. Chlorhexidine in endodontics. *Brazilian dental journal.* 2013; 24(2): 89-102.
- ⁷⁵ Ercan E, Özekinci T, Atakul F, Gül K. Antibacterial activity of 2% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite in infected root canal: in vivo study. *J Endod.* 2004; 30(2): 84-87.
- ⁷⁶ Weber CD, McClanahan SB, Miller GA, Diener-West M, Johnson JD. The effect of passive ultrasonic activation of 2% chlorhexidine or 5.25% sodium hypochlorite irrigant on residual antimicrobial activity in root canals. *J Endod.* 2003; 29(9): 562-64.
- ⁷⁷ Komorowski R, Grad H, Wu XY, Friedman S. Antimicrobial substantivity of chlorhexidine-treated bovine root dentin. *J Endod.* 2000; 26(6): 315-17.
- ⁷⁸ Ahmad M, Ford TRP, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *J Endod.* 1987; 13(3): 93-101.
- ⁷⁹ Cameron JA. The use of ultrasound in the cleaning of root canals: a clinical report. *J Endod.* 1982; 8(10): 472-74.
- ⁸⁰ Cameron JA. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. *J Endod.* 1987; 13(11): 541-45.
- ⁸¹ Ahmad M, Ford TRP, Crum LA. Acoustic cavitation and its implications in ultrasonic root-canal debridement. *J Endod.* 1987; 13(3): 131.
- ⁸² Ahmad M, Ford TRP, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod.* 1987; 13(10): 490-99.
- ⁸³ Cameron JA. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *J Endod.* 1983; 9(7): 289-92.
- ⁸⁴ Vera J, Benavides M. Conceptos y técnicas actuales en la irrigación endodóntica. *Endodoncia.* 2012; 30(1): 31- 44.
- ⁸⁵ Young G, Parashos P. The principles of techniques for cleaning root canals. *Aust Dent J.* 2007; 52(1): 52-63.
- ⁸⁶ Cachovan G, Schiffer U. Comparative Antibacterial Efficacies of Hydrodynamic and Ultrasonic Irrigation Systems In Vitro. *J Endod.* 2013; 39(9): 1171-75.



- ⁸⁷ Esposito PT. A comparison of canal preparation with nickel- titanium and stainless steel instruments. *J Endod.* 1995; 21(4): 173-76.
- ⁸⁸ Siqueira J, Santos S, Rocas I. Efficacy of Instrumentation Techniques and Irrigation Regimens in Reducing the Bacterial Population within Root Canals. *J Endod.* 2002; 28(3): 181-84.
- ⁸⁹ West J. Progressive taper technology: rationale and clinical technique for the new ProTaper universal system. *Dentistry today.* 2006; 25(12): 64-66.
- ⁹⁰ Leonardo MR, Leonardo RT. *Endodoncia: Conceptos biológicos y recursos tecnológicos.* Vol. 1. 1era ed. Sao Paulo: Artes Médicas Latinoamérica; 2009.
- ⁹¹ Siqueira J, Rocas I, Favieri A. Bacterial leakage in coronally unsealed root canals obturated with 3 different techniques. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol, Endod.* 2000; 90(5): 647-50.
- ⁹² Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod.* 1987; 13(4): 147-57.
- ⁹³ Dow PR, Ingle JI. Isotope determination of root canal failure. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol.* 1955; 8(10): 1100-04.
- ⁹⁴ Mozo S, Llena C, Forner L. Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol Oral.* 2012; 17(3): e512.
- ⁹⁵ Zamany A, Safavi K, Spångberg LS. The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol y, and Endodontology.* 2003; 96(5): 578-81.
- ⁹⁶ Española, Real Academia. *Diccionario esencial de la lengua española.* Madrid: Espasa Calpe; 2006.
- ⁹⁷ Madigan MT, Martinko JM, Parker J, Brock. *Biología de los microorganismos.* 10a ed. España: Pearson, Prentice Hall; 2003.
- ⁹⁸ Gomes B, Ferraz C, Vianna M, Berber V, Teixeira F, Souza-Filho F. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* 2001; 34(6): 424-28.
- ⁹⁹ Oncag O, Hosgor M, Hilmioglu S, Zekioglu O, Eronat C, Burhanoglu D. Comparison of antibacterial and toxic effects of various root canal irrigants. *Int Endod J.* 2003; 36(6): 423-32.
- ¹⁰⁰ Dandakis C, Lambrianidis T, Boura P. Immunologic evaluation of dental patient with history of hypersensitivity reaction to sodium hypochlorite. *Endod Dent Traumatol.* 2000; 16(4): 184-87.



- ¹⁰¹ Sassone LM, Fidel RAS, Murad CF, Fidel SR, Hirata Jr R. Antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine by two different tests. *Australian Endodontic Journal*. 2008; 34(1): 19-24.
- ¹⁰² Vianna M, Gomes B, Bellocchio V, Zaia A, Randi C, de Souza-Filho F. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2004; 97(1): 79-84
- ¹⁰³ Yan S, Cha J, Kim E, Kum K, Lee C, Jung I. Effect of smear layer and chlorhexidine treatment on the adhesion of *Enterococcus faecalis* to bovine dentin. *J Endod*. 2006; 32(7): 663-67.
- ¹⁰⁴ Pupo Marrugo S, Díaz Caballero A, Castellanos Berrio P, Simancas Escorcía V. Eliminación de *Enterococcus faecalis* por medio del uso de hipoclorito de sodio, clorhexidina y MTAD en conductos radiculares. *Avances en odontoestomatología*. 2014; 30(5): 263-70.
- ¹⁰⁵ Valera MC, Cardoso FGDR, Chung A, Xavier ACC, Figueiredo MD, Martinho FC, Palo RM. Comparison of different irrigants in the removal of endotoxins and cultivable microorganisms from infected root canals. *The Scientific World Journal*, 2015.
- ¹⁰⁶ Abou-Rass M, Patonai FJ. The effects of decreasing surface tension on the flow of irrigating solutions in narrow root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. 1982; 53(5): 524-26.
- ¹⁰⁷ Harrison AJ, Chivatxaranukul P, Parashos P, Messer HH. The effect of ultrasonically activated irrigation on reduction of *enterococcus faecalis* in experimentally infected root canals. *Int Endod J*. 2010; 43(11): 968-77.
- ¹⁰⁸ Carver K, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo antibacterial efficacy of ultrasound after hand and rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod*. 2007; 33(9): 1038-43.
- ¹⁰⁹ Druttman ACS, Stock CJR. An in vitro comparison of ultrasonic and conventional methods of irrigant replacement. *International Endodontic Journal*. 1989; 22(4): 174-78.
- ¹¹⁰ Evanov C, Liewehr F, Buxton TB, Joyce AP. Antibacterial efficacy of calcium hydroxide and chlorhexidine gluconate irrigants at 37 C and 46 C. *J Endod*. 2004; 30(9): 653-57.
- ¹¹¹ Schlagenhauf U, Ruppert M. La clorhexidina en odontología: aspectos generales. *Quintessence: Publicación internacional de odontología*. 2005; 18(1): 12-23.



ANEXO 1



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Iztacala



CONSENTIMIENTO INFORMADO

Nombre del Investigador: Priscila Rivera Rivera

Nombre del paciente: _____

Soy Priscila Rivera Rivera, pertenezco a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la UNAM. Estoy realizando una investigación para la obtención de grado de especialista en Endoperiodontología, donde utilizaremos dientes naturales para reproducir en estos el tratamiento de conductos que se realiza en el paciente, con la finalidad de mejorar los procedimientos que estos conllevan.

Estoy invitando a todos los pacientes cuyo tratamiento sea la extracción de alguno de sus dientes a donarlos a esta investigación. Su participación es totalmente voluntaria, usted puede elegir participar o no hacerlo. Si elige participar o no, nada cambiará en los servicios que recibirá en esta clínica.



PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR:

Usted acudirá a su cita en la clínica Odontológica Iztacala con el alumno que lleva su tratamiento, el cual llevará a cabo el procedimiento de extracción de su (s) diente (s) bajo el protocolo establecido por la institución que le está brindando la atención. Una vez extraído el/los diente (s) será (n) depositado (s) en un recipiente con solución salina y etiquetado con su nombre. Brindada la atención que requiera y finalizada su cita, le entregaré una copia de este documento. Su participación quedará concluida en este punto. Los dientes donados serán evaluados y se seleccionarán los que cumplan con los criterios de esta investigación; los que no lo hagan serán utilizados en otras investigaciones.

RIESGOS

En esta investigación usted no corre con ningún peligro. El alumno que realizará su extracción deberá otorgarle otro consentimiento informado sobre el procedimiento que se llevará a cabo.

CONFIDENCIALIDAD

No se compartirá la identidad de aquellos que participen en esta investigación, la información que se recoja se mantendrá confidencial y únicamente los investigadores serán quienes tengan acceso a ella.

Si tiene cualquier pregunta puede hacerlas ahora o más tarde, incluso después de haberse iniciado el estudio, haciéndola saber al siguiente contacto:

NOMBRE	NÚMERO
C.D. Priscila Rivera Rivera	55-13-40-18-32



He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente.

Consiento voluntariamente participar en esta investigación y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte de ninguna manera mi cuidado médico.

Nombre del participante: _____

Firma del participante: _____

Fecha: _____

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura del documento de consentimiento informado para el potencial participante, dicho individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que ha dado consentimiento libremente.

Nombre del Investigador: _____

Firma del Investigador: _____

Fecha: _____

Ha sido proporcionada al participante una copia de este documento de consentimiento informado.