



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA**

**“EFECTIVIDAD DE LOS SISTEMAS PROTAPER NEXT Y IRACE  
PARA LA ELIMINACIÓN DE *ENTEROCOCCUS FAECALIS* EN  
RELACIÓN A LA PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DEL  
IRRIGANTE MEDIANTE IRRIGACIÓN POR PRESIÓN POSITIVA Y  
NEGATIVA.”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

CIRUJANO DENTISTA

PRESENTA:

MARÍA FERNANDA GONZÁLEZ VELÁZQUEZ

DIRECTOR:

ESP. ABEL GÓMEZ MORENO

DICTAMINADORES:

DRA. MARÍA MARGARITA CANALES MARTÍNEZ

ESP. JUAN ÁNGEL MARTÍNEZ LOZA

Los Reyes Iztacala, Tlalnepanitla, Estado de México, 2020





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



*En memoria del Esp. Abel Gómez Moreno, nos enseñó que la grandeza de una persona no se mide por lo que tiene sino por lo que da. Siempre dispuesto a ayudar a los demás en todos los aspectos y siempre con la actitud positiva que lo caracterizaba, una gran persona y un excelente mentor. Su esencia será muy extrañada y así como muchos otros proyectos, sin su apoyo, paciencia, tiempo y sabiduría, la presente tesis no hubiera sido posible.*



## **AGRADECIMIENTOS**

Al laboratorio de Farmacognosia de la Unidad de Biotecnología y Prototipos de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, por permitirme utilizar sus instalaciones y recursos para la realización del presente trabajo.

Mi mayor agradecimiento al Esp. Abel Gómez Moreno por ser un mentor excepcional para la realización del presente trabajo, por ayudarme a tener una idea clara de lo que quería investigar, por facilitarme los recursos necesarios para mi experimento, por la paciencia que conlleva supervisar un trabajo de investigación y más que nada por siempre tener la disposición de escucharme, corregirme y apoyarme de la mejor manera posible con esa bondad que lo caracterizaba, lo extrañaremos.

Un agradecimiento especial a la Dra. María Margarita Canales Martínez por aceptar ser mi tutora y brindarme un lugar y recursos necesarios en el laboratorio de Farmacognosia, y por su continua disposición para corregirme y guiarme en la realización de mi investigación.

Al Esp. Juan Ángel Martínez Loza por facilitarme también los recursos necesarios en la clínica odontológica de la FES Iztacala, por sus aportaciones a la presente investigación, pero especialmente por su apoyo durante el registro del presente trabajo en representación del Dr. Abel.

Al Esp. Ramón Franco por su apoyo para conseguir los recursos necesarios para realizar la presente investigación.

De igual manera un agradecimiento al Esp. Iván García Guerrero, Esp. Luisa Adriana López Osuna y C.D. Enrique Albornoz Mota por haber aceptado ser mis asesores y por su disposición para ayudarme en el registro del presente trabajo aun con las difíciles condiciones de la pandemia.

A la Dra. Ana Hernández por su continua enseñanza de los procesos de laboratorio, así como su ayuda para elaborar todo lo necesario para mi experimento y sobre todo por su muy agradable compañía, haciendo todo el proceso más ameno.

A mis compañeros de laboratorio, porque a pesar de ser de carreras diferentes siempre estuvieron dispuestos ayudarme en todo lo necesario para que pudiera terminar a tiempo los procedimientos de cada día, y también por su agradable compañía.

A mis compañeras del servicio social, por ayudarme a realizar mi experimento, grabar y tomar las fotografías necesarias para el presente trabajo y a Jimena por guiarme en algunos procedimientos que eran desconocidos para mí.

## DEDICATORIAS

A mi madre porque a pesar de ya no estar aquí el gran ejemplo que me dejó ha sido clave para hacer todo lo que hago.

A mi padre porque hemos pasado tiempos difíciles, pero a pesar de todo siempre ha sabido no solo sacarnos adelante sino también ayudarnos a desarrollar el mayor potencial posible, gracias por ser un gran padre y un excelente mentor. Y gracias también porque además de brindarme todas las herramientas necesarias para mi formación profesional, cada que necesitaba paciente siempre eras el primero en ofrecerte.

A mi hermana porque siempre que te necesito estás para mí ya sea para escucharme, aconsejarme o simplemente acompañarme, gracias por confiar en mí y siempre estar dispuesta a ser mi paciente. No pude tener mejor compañera de vida porque sin ti nada sería igual.

A Carlos porque me ha demostrado ser mi fan número 1, gracias por siempre confiar en mí incluso más que yo y gracias también por demostrarme que siempre tengo en ti un apoyo incondicional.

A mis primos, en especial a Bella, Alan y Alex porque siempre estuvieron dispuestos a ser mis pacientes aun sabiendo que era la primera vez que hacía algunos tratamientos, gracias por demostrarme su confianza y apoyo incondicional.

A mis tíos, en especial mi tía Alicia y mi tío Josué porque cuando me hacían falta pacientes estaban dispuestos a ser atendidos por mí aun siendo primeriza o bien ayudarme a llevar pacientes a la clínica, gracias también por siempre estar al pendiente de mi carrera y de mí.

A mi abuelita Soledad porque ha sido una segunda madre para mí, gracias por preocuparte y cuidarnos tanto desde pequeñas, gracias por los consejos y por siempre escucharme.

A Elizabeth porque desde que falleció mi madre siempre ha estado al pendiente de mí, gracias por escucharme, apoyarme y aconsejarme en todas mis decisiones.

Al resto de mi familia, gracias por su apoyo después de la etapa más difícil que tuvimos y por la continua convivencia familiar que fomentamos con las comidas y viajes en ocasiones especiales.

A mis amigos, en especial Mariana, Jenny, Ivonne, Chio, Betsy, Itzel, Uri, Antar, Priss, Bere y Carlo, por su voluntad para ser mis pacientes, ayudarme a conseguir pacientes, incluso apoyarme con proyectos de la carrera y por los momentos tan agradables que formamos durante la universidad. Pero sobre todo gracias por su leal y valiosa amistad.

A mi compañero fiel, por siempre hacerme compañía en mis desvelos y soportar las veces que tenía que estar todo el día en el laboratorio, pero especialmente porque desde que llegó a mi vida ha sacado lo mejor de mí.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	3
DEDICATORIAS .....	5
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	9
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	9
INTRODUCCIÓN .....	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
MARCO TEÓRICO.....	14
Infección endodóntica.....	14
Microorganismos presentes en enfermedades endodónticas .....	16
Causas de fracaso endodóntico.....	17
<i>Enterococcus faecalis</i> .....	18
Participación de <i>Enterococcus faecalis</i> en el fracaso endodóntico .....	19
Importancia de la preparación biomecánica del conducto radicular .....	20
Sistema ProTaper Next.....	22
Sistema iRaCe .....	23
Importancia de la irrigación en endodoncia .....	24
Hipoclorito de sodio (NaClO).....	26
Técnicas de irrigación .....	28
Presión positiva.....	29
Presión negativa (EndoVac).....	32
JUSTIFICACIÓN .....	34
HIPÓTESIS .....	35
OBJETIVOS .....	41
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	42
POBLACIÓN .....	42
CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	42
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN .....	42
PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	42
INFECCIÓN DE LAS MUESTRAS .....	43
GRUPOS EXPERIMENTALES .....	43
GRUPOS CONTROL .....	47
CULTIVO DE LAS MUESTRAS:.....	52

OBTENCIÓN DE RESULTADOS .....	52
ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	53
CONSIDERACIONES ÉTICAS Y LEGALES.....	54
RESULTADOS .....	55
MÉTODOS DE IRRIGACIÓN .....	55
SECUENCIA DE LIMAS .....	56
SISTEMAS ROTATORIOS Y MÉTODOS DE IRRIGACIÓN.....	57
PROFUNDIDAD ALCANZADA POR LA ÚLTIMA LIMA RESPECTO A LA PROFUNDIDAD TOTAL.....	60
UFC EN LA ÚLTIMA SECUENCIA DE IRRIGACIÓN (LIMA 3) .....	61
DISCUSIÓN .....	62
CONCLUSIONES.....	70
APÉNDICES.....	71
APÉNDICE 1: MUESTRAS.....	71
APÉNDICE 2: CALDO MÜELLER-HINTON.....	73
APÉNDICE 3: AGAR MÜELLER-HINTON.....	74
APÉNDICE 4: TÉCNICA DE SIEMBRA POR EXTENSIÓN.....	75
APÉNDICE 5: CONTEO DE UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS.....	77
APÉNDICE 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	78
REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS .....	84

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: MICROORGANISMOS AISLADOS EN NECROSIS PULPAR .....	16
ILUSTRACIÓN 2: MICROORGANISMOS PRESENTES DESPUÉS DE LA PREPARACIÓN BIOMECÁNICA.....	18
ILUSTRACIÓN 3: PROPIEDADES DE SOLUCIONES IRRIGANTES RECOMENDADAS EN ENDODONCIA.....	26
ILUSTRACIÓN 5: VELOCIDAD DE FLUJO DE 6 MODELOS DE AGUJA .....	31
ILUSTRACIÓN 4: FUERZA CORTANTE DE 6 MODELOS DE AGUJA.....	31
ILUSTRACIÓN 6: PROTAPER NEXT .....	38
ILUSTRACIÓN 7: IRACE .....	38
ILUSTRACIÓN 8: ENDO EZE .....	39
ILUSTRACIÓN 9: MAX I PROBE.....	39
ILUSTRACIÓN 10: MACROCÁNULA (ENDOVAC) .....	40
ILUSTRACIÓN 11: MICROCÁNULA (ENDOVAC).....	40
ILUSTRACIÓN 12: PUNTA IRRIGADORA (ENDOVAC).....	40
ILUSTRACIÓN 13:INFECCIÓN DE LAS MUESTRAS.....	43
ILUSTRACIÓN 14: MUESTRAS DESPUÉS DE 24H DE INCUBACIÓN .....	52
ILUSTRACIÓN 15: SIEMBRA DE MUESTRAS (SIN DILUIR).....	53
ILUSTRACIÓN 16: SIEMBRA DE MUESTRAS (1RAA DILUCIÓN).....	53
ILUSTRACIÓN 17: SIEMBRA DE MUESTRAS (2DA DILUCIÓN).....	53
ILUSTRACIÓN 18: IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS .....	71
ILUSTRACIÓN 19: TOMA DE MUESTRA.....	72
ILUSTRACIÓN 20: LIMA ISO 30 TIPO HEDSTRÖEN.....	72
ILUSTRACIÓN 21: CALDO MÜELLER-HINTON.....	72
ILUSTRACIÓN 22: PREPARACIÓN DE CALDO MÜELLER-HINTON .....	73
ILUSTRACIÓN 23: IDENTIFICACIÓN DE CAJAS PETRI .....	75
ILUSTRACIÓN 24: ASA DE VIDRIO .....	75
ILUSTRACIÓN 25: CONTEO DE UFC.....	77
ILUSTRACIÓN 26: DIAGRAMA DE DILUCIÓN DE LAS MUESTRAS.....	77

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1. IRRIGACIÓN-UFC.....	55
GRÁFICA 2. IRRIGACIÓN-PROFUNDIDAD.....	55
GRÁFICA 3. LIMAS-UFC.....	56
GRÁFICA 4. LIMAS-PROFUNDIDAD.....	56
GRÁFICA 5. SISTEMA-IRRIGACIÓN (UFC).....	58
GRÁFICA 6. SISTEMA-IRRIGACIÓN (PROFUNDIDAD).....	59
GRÁFICA 7. PROFUNDIDAD TOTAL-LIMA 3.....	60
GRÁFICA 8. SISTEMA-IRRIGACIÓN (UFC).....	61

## INTRODUCCIÓN

La rama de la Endodoncia ha tenido grandes avances con el paso de los años, de pasar de técnicas básicas pero eficaces que hasta la fecha siguen utilizándose con gran éxito clínico, hasta nuevas tecnologías que facilitan y agilizan el trabajo del odontólogo. Los sistemas rotatorios han sido una gran adición gracias a que permiten resultados más efectivos y en menor tiempo, sin embargo debido a la complejidad del conducto radicular, se ha demostrado que en ciertos casos únicamente logran conformar el 40% de la superficie del conducto, siendo indispensable lograr la mejor desinfección posible por medio de la irrigación.

Se han desarrollado diferentes técnicas de irrigación para de esta manera asegurar que la solución desinfectante tenga acceso a la totalidad del conducto. En un principio fue establecida la irrigación con jeringa convencional la cual emplea presión positiva, conocida de esta manera debido a que la presión es ejercida hacia la punta de la aguja, sin embargo, se ha demostrado que esta presión al ejercerse en la profundidad del conducto radicular puede proyectar fácilmente la solución hacia los tejidos periapicales. Para evitar este problema se desarrollaron diferentes tipos de agujas con puntas cerradas o salidas laterales que evitan la extrusión del irrigante y prometen así mejorar los resultados. Posteriormente se desarrolló un sistema de irrigación que utiliza presión negativa, evitando así la extrusión del irrigante y manteniendo un flujo continuo dentro del conducto radicular.

Respecto al conducto radicular, los últimos 3mm son críticos durante la conformación ya que es la zona en la que existen más conductos accesorios donde el *Enterococcus faecalis* tiene la facilidad de alojarse y sobrevivir a diversas condiciones que le permiten proliferar aún después de haber terminado el tratamiento. El presente estudio pretende comparar los sistemas rotatorios ProTaper Next y iRace en combinación con 3 métodos de irrigación con NaClO al 2.5% , el primero mediante la aguja Endo Eze de extremo abierto que utiliza presión positiva y es la que se encuentra a mayor facilidad de alcance para los odontólogos en México, la segunda mediante la aguja Max-I-Probe de extremo cerrado que también utiliza presión positiva y es altamente recomendada en la literatura y por

último un nuevo sistema (EndoVac) que utiliza presión negativa y promete mejores resultados. De igual manera se comparará la profundidad de irrigación, obteniendo las muestras con una lima ISO 30 tipo Hedströen después de realizar cada una de las técnicas para determinar si esta variable tiene algún efecto en la eliminación del *Enterococcus faecalis*.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el uso de sistemas rotatorios la preparación biomecánica del conducto radicular se ha convertido en un procedimiento más sencillo y con mejores resultados, sin embargo, el fracaso endodóntico sigue presente en la práctica cotidiana esto debido a que la preparación biomecánica no solo implica hacer una conformación de características ideales, también es de gran importancia lograr la mejor desinfección posible que no es producida únicamente por la acción de sistemas rotatorios y por lo tanto siempre debe ser complementada con un correcto protocolo de irrigación.

El *Enterococcus faecalis* representa un gran problema en cuanto al éxito del tratamiento endodóntico ya que tiene la capacidad de sobrevivir a diversas condiciones dentro del conducto radicular debido a que es una bacteria anaerobia facultativa, tiene capacidad de unión al colágeno y a diferencia de muchas bacterias puede sobrevivir a un pH de hasta 11.5.

La acción mecánica de los sistemas rotatorios tiene la gran desventaja de obliterar los túbulos dentinales con el detritus dentinario que produce al conformar el conducto. Si tomamos en cuenta que la gran mayoría de tratamientos de conducto radicular se realizan debido a que existe una infección dentro del conducto podemos afirmar que dicho detritus estará contaminado con *Enterococcus faecalis* y la acción de los sistemas rotatorios puede introducir esta bacteria dentro de los túbulos dentinarios haciendo que sea más difícil eliminarlo, especialmente en la porción apical del conducto radicular debido a la complejidad de su anatomía.

De aquí surge la necesidad de asegurar que el funcionamiento de la técnica de irrigación es adecuada ya que será el factor más importante para desinfectar por completo el conducto, la técnica convencional (presión positiva) ha sido utilizada desde hace aproximadamente 100 años, sin embargo, conforme han surgido nuevas técnicas como la presión negativa se han presentado interrogantes respecto a su eficacia ya que comparada con la presión negativa, tiene mayor posibilidad de extruir el irrigante al periápice dañando los tejidos y de formar un tapón gaseoso apical que impide la limpieza de la totalidad del conducto, no obstante, debido a que ha sido utilizada con éxito por tantos años y gracias a su facilidad de uso y

accesibilidad difícilmente dejará de usarse en un futuro cercano por lo que es importante seguir investigando los factores que ayudan a que su funcionamiento sea el mejor posible.

## MARCO TEÓRICO

### Infeción endodóntica

La primera relación entre la patología pulpar y las bacterias fue observada en el siglo XVII por Antony van Leeuwenhoek (1632-1723) mediante su propio microscopio observo conductos radiculares de dientes careados y describió que “estaban llenos de una sustancia blanda” y que le parecía que “esa sustancia” estaba viva. Sin embargo no fue hasta 1894 que Willoughby Dayton Miller describió la relación entre la periodontitis apical y las bacterias, identificando mediante bacterioscopía cocos, bacilos y espirilos, pero debido a los limitantes de la época no fue hasta 70 años después que pudieron cultivarse las bacterias que en un principio no se tenía manera de cultivar, los anaerobios. Sundqvist cultivó las bacterias anaerobias del conducto radicular en dientes con necrosis causada por traumatismo, demostró que dichas bacterias únicamente se encontraban presentes en dientes que tenían signos radiográficos de periodontitis apical. A partir de estudios posteriores se ha demostrado que a pesar de que la pulpa se encuentre desvitalizada no induce lesiones de periodontitis apical, a menos que presente infección (1).

En dientes sanos el complejo dentinopulpar está aislado y estéril gracias a la protección del cemento y el esmalte, si una de estas estructuras pierde su integridad ya sea por caries, fracturas, fisuras, desgastes o abrasiones el complejo queda expuesto a las bacterias presentes en la cavidad oral, siendo esta la vía de infección endodóntica más común, dando como resultado inflamación pulpar y finalmente necrosis (2).

Los diversos microorganismos acceden a la dentina gracias a los túbulos dentinarios cuyo diámetro más cercano a la pulpa es de aproximadamente 2,5  $\mu\text{m}$  y el más cercano al cemento y esmalte de aproximadamente 0,9  $\mu\text{m}$ , mientras que el diámetro de la mayoría de las bacterias orales es de 0,2 y 0,7  $\mu\text{m}$ . Representando una vía de acceso fácil para los microorganismos una vez que la dentina ha sido expuesta, sin embargo, estudios han demostrado que esta facilidad de acceso únicamente se presenta en dientes no vitales debido a que en dientes vitales el

contenido tubular y el movimiento del fluido dentinario que además contiene moléculas de defensa como anticuerpos y sistema de complemento, así como la esclerosis de la dentina, el barrillo dentinario, la dentina terciaria y el depósito intratubular de fibrinógeno, influyen en la permeabilidad de la dentina disminuyendo la proliferación bacteriana, por lo que es necesaria una gran cantidad de bacterias con diferentes características para poder establecer una infección, en cambio, los dientes con pulpas necróticas necesitan una mínima cantidad de bacterias para proliferar y causar una infección ya que no presentan barrera alguna (3).

Después de establecerse la infección pulpar, los microorganismos y sus productos pueden continuar la infección a tejidos periapicales mediante los forámenes apical, laterales o furcales, túbulos dentinales y perforaciones radiculares. Esta vía de infección, sin embargo, no presenta el mismo resultado a la inversa, la única manera en que se ha comprobado que se puede necrosar la pulpa derivada de enfermedad periodontal es cuando la bolsa periodontal llega el foramen apical, debido a que se producen daños irreversibles en los vasos sanguíneos que irrigan la pulpa. Una vez necrosada, las bacterias periapicales proliferan fácilmente a través de los túbulos dentinales, forámenes apicales y laterales (3).

Por lo tanto, debido a que la vitalidad de la pulpa es la principal defensa contra la proliferación bacteriana en dientes a los que se les ha extirpado la pulpa para realizar terapia pulpar representan una vía de entrada libre para las bacterias incluso después de haber obturado el conducto. Las principales causas de infección cuando el tratamiento radicular no ha sido completado en una sola cita son restos de biopelícula, cálculo, caries, contaminación de los instrumentos y/o soluciones irrigantes, espacios, degradación o fractura de las restauraciones temporales. Mientras que las causas de infección después de completar el tratamiento son filtraciones en el material de restauración, fractura, caries recurrente, exposición del material de obturación del conducto o tiempo prolongado para la colocación de la restauración permanente (1).

## Microorganismos presentes en enfermedades endodónticas

La mayoría de las bacterias causantes de infecciones endógenas son bacterias comunes de la flora microbiana que han proliferado al producirse una alteración en el equilibrio huésped-bacterias, por lo que se denominan bacterias oportunistas.

La composición de la microbiota en el conducto radicular depende de los nutrientes, oxígeno y capacidad de adaptación de las bacterias, principalmente se nutren del tejido pulpar y exudado inflamatorio que entra al conducto mediante el foramen apical una vez que la pulpa se ha necrosado y la infección se ha diseminado (1).

En necrosis pulpar las infecciones presentan aerobios estrictos, anaerobios facultativos o microaerofílicos. Los microaerofílicos y aerobios estrictos disminuyen la tensión de oxígeno y el potencial de oxidorreducción en los tejidos, proporcionando un ambiente favorable para el desarrollo de anaerobios, los cuales se han reportado con mayor frecuencia en los últimos 5mm apicales en lesiones periapicales (4).

Forma	Tinción	Género	Especie	
Cocos	Grampositivos	<i>Streptococcus</i>	<i>mitis</i>	
			<i>milleri</i>	
			<i>oralis</i>	
			<i>intermedius</i>	
			<i>morbiliorum</i>	
			<i>constellatus</i>	
			<i>mutans</i>	
			<i>sanguis</i>	
			<i>mitior</i>	
		<i>Enterococcus</i>	<i>faecalis</i>	
			<i>faecium</i>	
		<i>Staphylococcus</i>	<i>aureus</i>	
			<i>epidermidis</i>	
Bacilos	Grampositivos	<i>Corynebacterium</i>	<i>xerosis</i>	
			<i>catenaforme</i>	
		<i>Lactobacillus</i>	<i>minutus</i>	
			<i>odontolyticus</i>	
		<i>Actinomyces</i>	<i>naeslundii</i>	
			<i>israelii</i>	
			<i>meyeri</i>	
			<i>viscosus</i>	
			<i>acnes</i>	
		<i>Propionobacterium</i>	<i>propionicus</i>	
		Gramnegativos	<i>Eikenella</i>	<i>corrodens</i>
				<i>ochracea</i>
			<i>Capnocytophaga</i>	<i>spp</i>
<i>Actinobacillus</i>	<i>rectus</i>			
	<i>sputorum</i>			
<i>Campylobacter</i>	<i>curvus</i>			
	<i>curvus</i>			
Levaduras		<i>Candida</i>	<i>albicans</i>	
			<i>glabrata</i>	
			<i>guilliermondii</i>	
			<i>candidum</i>	
		<i>Geotrichum</i>		

ILUSTRACIÓN 1: MICROORGANISMOS AISLADOS EN NECROSIS PULPAR

Se ha reportado que en dientes necrosados se aíslan 6 especies bacterianas, mientras que en infección aguda hasta 15 especies y se estima que existen hasta 10<sup>8</sup> bacterias por miligramo de contenido radicular. La presencia de anaerobios depende además de las condiciones proporcionadas por otras bacterias, del grado de destrucción hística y la integridad de la corona (Ilustración 1)(5).

Según Nair la mayoría de las bacterias se encuentran en la luz del conducto, en el tejido pulpar necrosado, trama de fibras y dentina radicular. Cocos y bacilos constituyen nichos en los conductos del tercio apical y túbulos dentinarios. Las bacterias en conductos infectados generalmente no son móviles, proliferan por duplicación (4).

### **Causas de fracaso endodóntico**

Se han realizado diversos estudios analizando las diferentes causas de fracaso endodóntico, es ampliamente conocido que el principal microorganismo encontrado en casos de reinfección endodóntica es el *Enterococcus faecalis*, generalmente porque no se ha logrado una desinfección satisfactoria del conducto radicular ya sea por un inadecuado protocolo de irrigación o bien por la inaccesibilidad para lograr una correcta desinfección de los conductos laterales, istmos, ramificaciones, deltas, irregularidades en el canal radicular o en los túbulos dentinarios, aun realizando la mejor técnica. En estas regiones el material de obturación aísla a las bacterias eliminando su fuente de nutrientes, causando su muerte, sin embargo algunas bacterias pueden sobrevivir a estas condiciones por cierto periodo de tiempo por lo que si dicho sellado del conducto presenta filtraciones coronales o apicales permitirá la entrada de fluidos que proporcionan un sustrato para el crecimiento bacteriano (6). Las bacterias que con mayor frecuencia logran sobrevivir dentro del conducto radicular se limitan a Gram positivas, anaerobias facultativas, en especial *Enterococcus*, con una frecuencia de 70% en el caso de *Enterococcus faecalis* (Ilustración 2)(7).

Isolate	Before preparation	Major isolate	After preparation	Major isolate	Average lesion size	Flare-ups
<i>E. faecalis</i>	21	19	6	5	6.2	2
<i>C. albicans</i>	6	2	0	0	4.5	0
G-negative enteric rods	3	1	0	0	7.0	1**
Other microbes	17	9	5*	5	5.2	1***
No growth	7		(7)		5.7	0

\*Once together with *E. faecalis*.

\*\**Proteus mirabilis* (major isolate, 98%) with *E. faecalis* in the first sample.

\*\*\**Fusobacterium nucleatum* and *Actinomyces viscosus* with *E. faecalis* (major isolate, 98%) in the first sample.

## ILUSTRACIÓN 2: MICROORGANISMOS PRESENTES DESPUÉS DE LA PREPARACIÓN BIOMECÁNICA

Hablando de *Enterococcus faecalis* se ha demostrado que la acción de los instrumentos rotatorios para la preparación biomecánica puede producir la obturación de los túbulos dentinarios impulsando el barrillo dentinario dentro de ellos, propiciando así la proliferación de *Enterococcus faecalis* y dificultando su eliminación. A pesar de que los sistemas rotatorios facilitan la preparación del conducto y disminuyen el tiempo de trabajo, la solución irrigante necesita un tiempo de trabajo específico para lograr una correcta desinfección, por lo que es importante respetar el tiempo establecido de irrigación especialmente al utilizar sistemas rotatorios (8).

### ***Enterococcus faecalis***

El género *Enterococcus* se refiere a bacterias de forma esférica u ovoide, Gram positivas, catalasa negativa, anaerobios facultativos y se agrupan en pares o cadenas cortas en medios líquidos. No producen endosporas y algunas especies pueden moverse mediante flagelos, sus colonias se observan de color blanco cremoso (9). Son bacterias comunes en la flora microbiana, generalmente se encuentran presentes en el tracto digestivo y vaginal, así como en cavidad oral. Son causantes de enfermedades sistémicas como infecciones del tracto urinario, infecciones de heridas quirúrgicas, bacteremia, endocarditis bacteriana e infecciones en cavidad oral (6). Respecto al *Enterococcus faecalis* específicamente se encuentra en cavidad oral, tracto gastrointestinal, animales, agua y comida mal desinfectada (9).

Diversos estudios han demostrado su presencia en los casos de fracaso del tratamiento endodóntico ya sea por persistencia de infecciones interradiculares secundarias como principal agente patógeno (10) o bien en lesiones periapicales persistentes (11).

Su crecimiento dentro del conducto radicular se da gracias a su capacidad de organizarse en un biofilm en las paredes del conducto. El biofilm bacteriano es una estructura altamente organizada que consiste en células bacterianas encerradas en una matriz exopolimérica autoproducida unida a una superficie, esta matriz impide que los irrigantes penetren el biofilm, limitando así su acción a la parte más superficial del mismo (12).

### **Participación de *Enterococcus faecalis* en el fracaso endodóntico**

Algunas causas que se han establecido como causantes de la supervivencia de *Enterococcus faecalis* en los conductos radiculares son: que tiene la capacidad de colonizar los túbulos dentinales además de su capacidad de unión al colágeno, situación que elimina la posibilidad de instrumentación mecánica, su resistencia a la acción del hidróxido de calcio debido a su capacidad de supervivencia a pH alcalino de hasta 11 (6), así como gran capacidad de resistencia a los agentes microbianos.

El hidróxido de calcio es el sellador más utilizado, su acción antibacteriana se da mediante la liberación de iones de hidróxido que producen cambios en la membrana afectando el ADN bacteriano, el *Enterococcus faecalis* así como *Candida* y *Actinomyces*, microorganismos presentes también en casos de fracaso endodóntico, presentan en su fase de latencia una alta resistencia a este mecanismo de acción (6).

Se ha observado que ante una exposición a un ambiente con pH alto se produce una respuesta de estrés por parte de *Enterococcus faecalis*, sintetizando así una gran cantidad de proteínas que le proporcionan protección ante dichos agentes (3). Este mecanismo de protección es importante a tener en cuenta debido a que la

constante exposición de la bacteria a diferentes soluciones irrigantes producen una adaptación incluso ante posteriores materiales con un pH que debería ser letal (6).

Se ha demostrado que el pH máximo al que puede sobrevivir el *Enterococcus faecalis* es de 11.5 (13). El pH de las pastas de hidróxido de calcio en endodoncia es de 12.3, sin embargo la alcalinidad resultante después de la obturación es de 10.3, incluso se ha mencionado que puede llegar hasta 8.5 debido al efecto de tamponamiento de la dentina, mientras que en los túbulos dentinales que es donde generalmente se encuentra esta bacteria el pH se ve reducido por el efecto buffer de la dentina (14).

Sin embargo el mecanismo de mayor importancia para su supervivencia es la presencia de una bomba de protones con la capacidad de acidificar el citoplasma, se activa ante la penetración de iones hidroxilo al citoplasma bacteriano que actúan elevando el pH intracelular de la bacteria, la bomba de protones responde enviando iones potasio positivos produciendo acidificación, impidiendo así la inhibición enzimática (15).

A pesar de los diferentes mecanismos que presenta para garantizar su supervivencia es importante recalcar que únicamente producirán reincidencia de la infección si los microorganismos causantes poseen patogenicidad, se encuentran presentes en gran cantidad y si tienen acceso a tejido periapical. (16)

### **Importancia de la preparación biomecánica del conducto radicular**

El glosario de términos endodónticos define la preparación biomecánica del conducto radicular como: “uso de instrumentos de mano o rotatorios para exponer, limpiar, agrandar y conformar el conducto radicular, usualmente en conjunto con irrigantes” (17). Es uno de los pasos más importantes dentro de la terapia endodóntica, al igual que uno de los más complicados debido al papel que juega dentro del éxito del tratamiento endodóntico, por lo tanto, exige una gran responsabilidad por parte de quien lo lleva a cabo.

Para garantizar una limpieza efectiva del conducto radicular es indispensable la eliminación de los fragmentos de pulpa vital o necrótica, bacterias, toxinas, sangre, exudados, tejido cariado y restos de material de obturación mediante la instrumentación, sin embargo la acción de preparar el conducto implica el desgaste de las paredes lo cual generalmente forma una capa de residuos conocida como barrillo dentinario que se compone de remanentes del tejido pulpar, procesos odontoblásticos y fibras colágenas que obliteran los túbulos dentinarios y que al descomponerse afectan a los tejidos periapicales. Este barrillo dentinario a su vez se compone de 2 capas, una superficial poco adherida a la dentina y otra conformada por virutas de dentina que se introducen en los túbulos dentinarios, su composición es tanto orgánica como inorgánica y tiene un espesor de 1-2 micrones (1). Años atrás se había debatido sobre la necesidad o no de su remoción, sin embargo, debido a que puede fomentar el crecimiento bacteriano actualmente se recomienda su completa eliminación, objetivo que únicamente puede lograrse si la preparación mecánica es acompañada de la irrigación del conducto.

La forma ideal del conducto es cilíndrico-cónica con su base hacia coronal, esto permite que el material de obturación siga una trayectoria sin resistencia. El ensanchamiento cervical deberá ser suficiente para permitir la introducción del material de obturación, pero no tan excesivo como para reducir el sellado hermético apical. También es de gran importancia realizar un tope apical a nivel del límite cemento-dentinario para así lograr una adecuada obturación en la que incluso si se ejerce presión interna no exista riesgo de sobreobturación (18).

Una correcta instrumentación del conducto radicular debe realizarse hasta 0.5mm del ápice radiológico para así evitar la proyección de las bacterias presentes en el conducto hacia la zona periapical (19). Sin embargo, los 3-5mm finales del conducto son críticos para una correcta desinfección ya que es la zona donde con mayor frecuencia se presentan problemas después del tratamiento endodóntico, esto es debido a que en esta zona se encuentra el forámen apical, deltas y canales accesorios que están en contacto con el ligamento periodontal y tejidos periapicales, lo cual favorece el desarrollo bacteriano, en especial de anaerobios, además de que

es común la presencia de curvas en los últimos 3mm que dificultan la preparación y el alcance que tiene la solución irrigante (19). Se ha comprobado que al utilizar limas de diferente calibre los tercios coronal y medio presentan una desinfección similar, sin embargo, el tercio apical presenta una mayor desinfección cuando se conforma a un mayor calibre (20). Es importante evaluar el diente a tratar y valorar las ventajas y desventajas de preparar hasta cierto calibre ya que también es importante evitar que el irrigante penetre más allá del foramen apical a causa de una conformación demasiado ancha del conducto, especialmente al utilizar sistemas rotatorios ya que se ha demostrado que entre mayor curvatura apical presenta un diente, mayor agrandamiento apical produce la preparación con sistemas mecánicos (21).

Actualmente la preparación del conducto se ha mecanizado, debido a que de esta manera se logra mayor previsibilidad, rapidez y resultados. A través de los años se han desarrollado diversos sistemas mecánicos para la preparación del conducto, que ayudados de la aleación de NiTi producen mejores resultados (1). Las limas producidas de esta aleación fueron introducidas en 1988, son 3 veces más flexibles que las limas de acero inoxidable y están constituidas de 55% níquel y 45% titanio, lo cual da como resultado instrumentos con mayor conicidad en la parte activa, con mayor resistencia a la fractura y aumento de la elasticidad, características útiles para el tratamiento de conductos estrechos. Uno de los sistemas mecanizados constituidos de esta aleación y con mayor popularidad es el sistema ProTaper (22).

### **Sistema ProTaper Next**

A partir del desarrollo del sistema ProTaper salió al mercado el sistema ProTaper Next el cual consta de 5 instrumentos identificados por marcas de colores: X1 (amarillo 17/0,04 mm), X2 (rojo 25/0,06 mm), X3 (azul 30/0,07 mm), X4 (negro doble 40/0,06 mm) y X5 (amarillo doble 50/0,06 mm) así como una lima accesoria (XA), están disponibles en longitudes 21, 25 y 31mm con una conicidad que va de mayor a menor diámetro para mejorar su flexibilidad (23).

Las tres características que proporcionan su efectividad son: la conicidad variable, el tratamiento térmico del metal M y el movimiento rotatorio asimétrico resultante de una masa de compensación y el centro de rotación. En su diseño presenta cuchillas de corte oscilantes que reducen el efecto de atornillado ya que solo 2 filos de corte entran en contacto con las paredes del conducto durante la instrumentación (23).

Su forma de uso es la siguiente: Una vez realizado el acceso debe instrumentarse hasta la longitud de trabajo. La exploración del conducto debe realizarse con una lima tipo K hasta el extremo terminal de la raíz con movimientos pendulares, posteriormente se instrumenta con la lima X1 sin presión, se realiza movimiento de cepillado hacia afuera de las concavidades de la furcación para seguir el trayecto de penetración, debe irrigarse después de cada paso y eliminar los residuos remanentes en la lima, una vez alcanzada la longitud de trabajo debe ser retirado, sin embargo es recomendable utilizar la misma lima 3 veces pasivamente en el sentido de las agujas del reloj. Posteriormente se realiza la instrumentación con la lima X2 siguiendo las mismas pautas que la X1, debe darse forma y calibrar el foramen con una lima manual 025, si la lima se ajusta a la longitud aquí termina la preparación biomecánica y sigue la obturación. De lo contrario sigue la secuencia con la lima X3 hasta 0.5mm de la longitud de trabajo. Si la lima 025 no ajusta en el conducto debe realizarse la preparación con X3 y auxiliarse de una lima 030. Si es necesario seguirá la secuencia con las limas X4 y 040 o incluso X5 y 050. Deben ser usadas en un motor eléctrico de control de torsión a 300 rpm e intervalo de 2 y 5,2 N/cm (24).

### **Sistema iRaCe**

Las limas iRaCe se crearon como una secuencia simplificada del sistema RaCe, patentadas por FKG Dentaire poseen una sección triangular con bordes afilados. Además, poseen un tratamiento electroquímico de superficie, punta inactiva y se alternan las superficies cortantes para evitar el atornillamiento y dar mayor espacio para la eliminación de debrís (25), además de reducir el torque de trabajo (26).

El sistema Race muestra menor resistencia a la fatiga cíclica, pero posee ciertas ventajas como modelar de mejor manera el canal radicular y mantener la curvatura del conducto (25).

El sistema iRace solo necesita instrumentación mediante 3 limas, cuya secuencia es la siguiente: R1(15/0.06), R2(25/0.04) y R3(30/0.04). Están fabricadas de NiTi, con sección transversal triangular con bordes helicoidales y ondulados, que les permite girar dentro del conducto sin tener contacto continuo con las paredes. La velocidad recomendada para su uso es de 600 rpm y el torque es de 1,5 Ncm (25).

### **Importancia de la irrigación en endodoncia**

El glosario de términos endodónticos define a la irrigación como: “lavado por una corriente de fluido; la irrigación intraconducto facilita la remoción física de los materiales del canal y la introducción de productos químicos con actividad antimicrobiana, desmineralización, disolución de tejidos, blanqueamiento, desodorización y control de hemorragias” (17).

La principal causa del fracaso endodóntico son los microorganismos ya sea porque no han sido eliminados correctamente del conducto radicular, o bien por su recolonización en el conducto que ya ha sido obturado. (27) De aquí nace la importancia de lograr la mejor desinfección posible.

Con el paso del tiempo se ha establecido una tendencia hacia una mínima preparación mecánica del conducto radicular para así eliminar la menor cantidad de dentina posible evitando fracturas y manteniendo su resistencia, sin embargo se ha comprobado en diversos estudios que la preparación mecánica del conducto jamás será suficiente para eliminar las bacterias presentes en el conducto, principalmente en el tercio apical (28) incluso existen estudios que señalan que después de la preparación biomecánica permanece el 35% de la superficie radicular sin instrumentar debido a las variaciones anatómicas que pueden presentar los conductos, lo que puede traer como consecuencia síntomas dolorosos o reinfección, de igual manera se ha comprobado que la administración sistémica de

antibióticos tampoco es la solución ideal para eliminar la infección debido a que únicamente eliminan las bacterias que son desprendidas por la superficie del biofilm bacteriano pero no lo elimina completamente (29).

La eficacia de la irrigación depende de diversos factores, el principal es una adecuada remoción de tejido infectado mediante la preparación mecánica, seguido de factores derivados de las características de la aguja utilizada para este fin, los cuales incluyen: profundidad de penetración, diámetro interno y externo, presión de irrigación, velocidad de irrigación, tipo y orientación del bisel de la aguja. La viscosidad del irrigante y diámetro del conducto radicular también son factores a tomar en cuenta. Se ha comprobado que tiene una mayor eficacia una aguja con un menor diámetro que sea introducida cercana al ápice del diente comparada con una aguja de mayor diámetro que no sea introducida cerca del ápice, esto se debe a que la aguja de menor diámetro expulsa el irrigante a mayor presión, logrando así llegar a mayor profundidad del punto en el que es introducida y aplicando una corriente de fluido de mayor fuerza hacia las paredes del conducto, la jeringa recomendada es de 5mL ya que evita la necesidad de recargar constantemente, tiene facilidad manual para dispensar el irrigante y a su vez mantiene un rango de flujo de 0.20-0.25 mL/s (30). Sin embargo este factor puede ser contraproducente ya que esta presión puede dirigir el irrigante más allá del forámen apical y afectar los tejidos. Además la irrigación convencional introduce presión positiva al irrigar, lo cual forma una burbuja a nivel apical, eliminando así la capacidad de desinfección del irrigante en los últimos milímetros del conducto (30)(31).

Zehnder describe el irrigante ideal como: sistémicamente no tóxico, no cáustico para los tejidos periodontales, con poco potencial para causar una reacción anafiláctica, posee un amplio espectro antimicrobiano, capaz de disolver tejido pulpar necrótico, inactivando endotoxinas, y evitando la formación de barrillo dentinario o disolverlo una vez que se ha formado (32).

Con el paso de los años se han probado múltiples soluciones irrigantes para cumplir con los requisitos ideales, desde sustancias inertes como Cloruro de Sodio hasta sustancias altamente tóxicas como el formaldehído (33), sin embargo aún no existe una solución que tenga mayores ventajas que el Hipoclorito de Sodio (Ilustración 3).

Compound (recommended concentration)	Type	Action on Endodontic Taxa Biofilm	Tissue Dissolution Capacity	Endotoxin Inactivation	Action on Smear Layer	Caustic Potential	Allergic Potential
Hydrogen peroxide (3%–30%)	Peroxygen	+	–	–	–	D. o. c.	–
Sodium hypochlorite (1%–5.25%)	Halogen-releasing agent	++	+++	+	++ on organic compounds	D. o. c.	+
Iodine potassium iodide (2%–5%)	Halogen-releasing agent	++	–	N. i. a.	–	–	++
Chlorhexidine (0.2%–2%)	Bisguanide	++	–	+	–	D. o. c.	+
Dequalinium acetate (0.5%)	Quaternary ammonium compound	N. i. a.	–	N. i. a.	+	–	++
Ethylenediamine tetraacetic acid (10%–17%)	Polyprotic acid	+	–	–	++ on inorg. compounds	–	–
Citric acid (10%–50%)	Organic acid	–	–	–	+++ on inorg. compounds	–	–

–: absent or minor, +: reported, ++: definitely present, +++: strong, D. o. c.: depending on concentration, N. i. a.: no information available.

ILUSTRACIÓN 3: PROPIEDADES DE SOLUCIONES IRRIGANTES RECOMENDADAS EN ENDODONCIA

## Hipoclorito de sodio (NaClO)

El hipoclorito de sodio es la solución más utilizada en endodoncia ya que tiene 3 acciones importantes: lisis proteica, saponificación y bacteriólisis las cuales producen la disolución del material orgánico del conducto favoreciendo así su remoción (34).

La lisis proteica se produce cuando el NaClO entra en contacto con los restos pulpares y da como subproductos aminoácidos, esta acción se ve favorecida cuando aumenta la temperatura de la solución. Existen estudios que comparan la temperatura y concentración ideal del NaClO con el fin de obtener los mayores beneficios y afectar mínimamente los tejidos sanos, sin embargo, no se ha llegado a una conclusión clara respecto a las condiciones ideales para su aplicación clínica (1).

Cuando la solución de NaClO interactúa con las partículas de lípidos en el conducto se produce la reacción de saponificación que da como resultado jabones y ácidos grasos y baja su tensión superficial lo que produce que tenga un mayor alcance en zonas de acceso difícil (34).

En cuanto a su acción bactericida se produce por la ruptura de la membrana celular bacteriana (34).

El efecto de la liberación de cloro y oxígeno al entrar el NaClO en contacto con materia orgánica produce efervescencia, de esta manera pequeñas partículas entran en la región cervical (31).

Actualmente aún existe controversia frente a cuál es la concentración ideal a la cual debe emplearse; a una concentración de 1% presenta adecuadas propiedades pero requiere mayor tiempo de acción, sin embargo disuelve principalmente tejido necrótico por lo que representa menor daño a los tejidos periapicales. En concentración al 2.5% aumenta 3.5 veces su efectividad bactericida y se reduce su tiempo de acción, sin embargo la posibilidad de una reacción inflamatoria en tejido periapical aumenta ya que disuelve tejido necrótico pero también vital, mientras que la concentración de 5.25% aumenta hasta 5.5 veces su acción e incrementa su toxicidad. (35) También se ha mencionado que la pérdida de iones de calcio de la dentina depende de la concentración de NaClO y el tiempo de exposición, al utilizarlo al 5% muestra el mayor grado de descalcificación (1).

El conducto radicular se compone tanto de materia orgánica como inorgánica, a pesar de la gran efectividad del hipoclorito de sodio frente a la materia orgánica no presenta acción alguna frente a los componentes inorgánicos. Los irrigantes a base de ácidos como el EDTA, ácido cítrico o fosfórico se han recomendado como protocolo de irrigación después de la desinfección con NaClO debido a su gran capacidad para disolver tejido inorgánico además de su capacidad para mejorar la adhesión de los selladores endodónticos a base de resina (36).

## Técnicas de irrigación

Desde hace poco más de 100 años se ha realizado la limpieza del conducto mediante irrigación con jeringa convencional, la cual será difícilmente remplazada en un futuro cercano debido a que ha presentado resultados aceptables y se encuentra al alcance de todos, sin embargo, con el paso del tiempo se han desarrollado nuevos métodos con resultados más efectivos que han hecho surgir interrogantes respecto a la eficacia de los sistemas convencionales por lo que es importante mencionarlos (1).

Los sistemas de irrigación se clasifican en 2 categorías: técnicas manuales y técnicas mecánicas. En las técnicas manuales se encuentran la irrigación con jeringa convencional (presión positiva), cepillos endodónticos y agitación manual con limas o conos de gutapercha adaptados al conducto radicular. Mientras que en las técnicas mecánicas se encuentran los sistemas ultrasónicos y sónicos, los sistemas de diferencia de presión (presión negativa) y las limas rotatorias plásticas (37).

Para que cualquier técnica de irrigación sea efectiva debe tener 2 acciones, química y física. La acción química se encarga de inactivar el biofilm bacteriano, destrucción de microorganismos y sus endotoxinas y la disolución de restos de tejido, las cuales son llevadas a cabo por la solución irrigante. Mientras que la acción física está a cargo del mecanismo por el cual es dispensada la solución irrigante y se encarga de remover mecánicamente los restos de tejido, biofilm y microorganismos.

Para producir una acción química adecuada es necesario el recambio de irrigante en diversas partes del conducto, de esta manera el irrigante que ya ha actuado en la paredes del conducto es sustituido por nuevo irrigante garantizando así que las propiedades de la solución se mantengan y produzcan su acción en el contenido del conducto. Se ha demostrado que este factor es favorecido por un mayor diámetro y conicidad de la preparación.

Otro factor importante es el esfuerzo cortante que resulta de la fricción que es aplicada a la pared del conducto derivada de la velocidad y dirección a la que es

eyectado el irrigante y por lo tanto varía según el tipo de aguja utilizada. Dicho esfuerzo favorece la eliminación de biofilm, restos de tejido y debris ya que tiene acción mecánica (30).

### **Presión positiva**

La presión positiva es el mecanismo por el cual funciona la técnica de irrigación convencional, se le llama de esta manera debido a que al presionar manualmente el émbolo de la jeringa se forma una presión dentro que es expulsada por la punta de la aguja y que es colocada en el tercio apical del conducto (38).

A pesar de que existen nuevos métodos de irrigación que han superado a la irrigación con jeringa convencional que tiene muchos años siendo aprobada dichos sistemas no están al alcance de todos los profesionales que se dedican a realizar tratamientos radiculares por lo cual es una práctica común que aún se recurra a la irrigación con aguja y jeringa convencional.

Aunque se ha demostrado que tiene una adecuada capacidad de desinfección es importante manejar la técnica de la mejor manera posible para evitar las fallas que pueden presentarse debido a sus desventajas, las cuales incluyen: dificultad de limpiar el tercio apical, como lo demostró Chow en 1983, cuando se usa NaClO y entra en contacto con sustancias orgánicas del conducto se crean microburbujas de amoníaco y anhídrido carbónico que al ser impulsadas por la presión positiva crean un tapón gaseoso en la parte más apical del conducto impidiendo que el irrigante alcance esta zona (39). Otra desventaja es que generalmente la aguja no se coloca a más de 2mm de la longitud apical, evitando así la irrigación completa de la longitud apical (40). Además debido a la presión que se ejerce en la punta activa de la jeringa existe la posibilidad de extrusión del irrigante hacia tejidos periapicales, incluso se ha demostrado que la frecuencia de extrusión del irrigante es de 54.17% al utilizar presión positiva mientras que al utilizar presión negativa es de 8.33% (41).

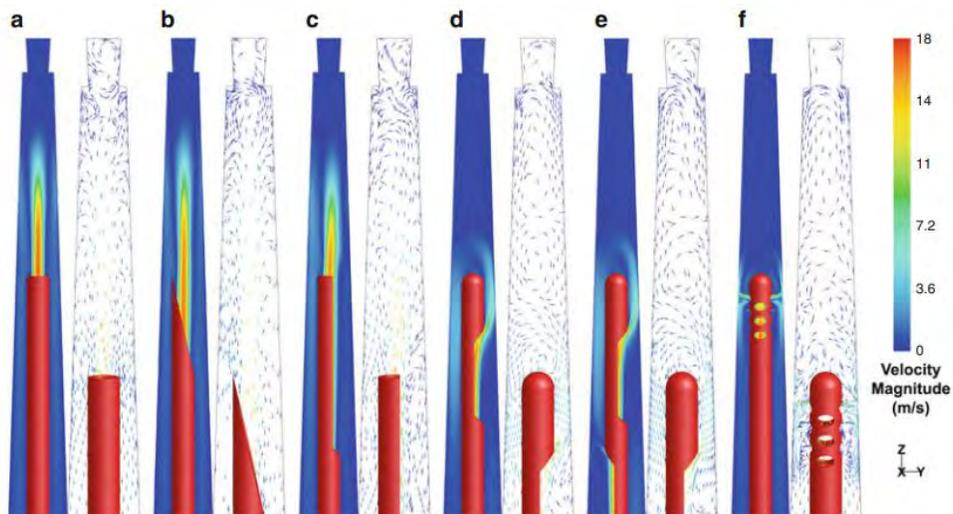
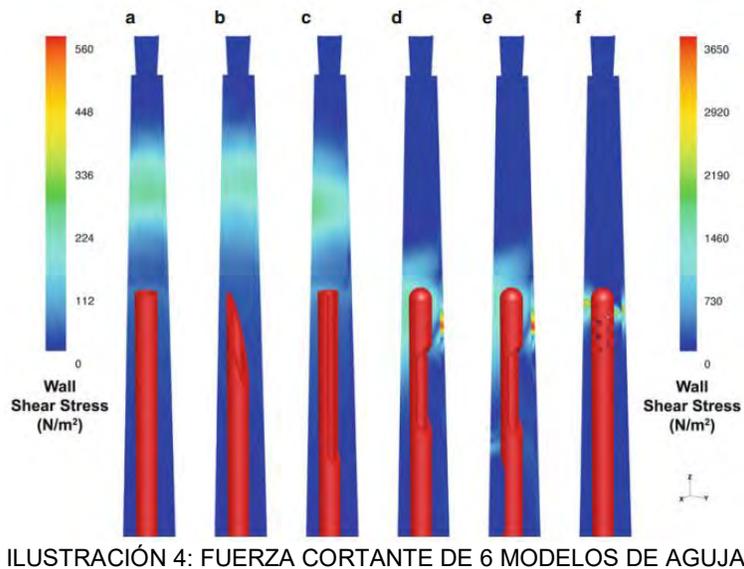
Con el fin de disminuir las desventajas de la técnica convencional se han realizado modificaciones en su diseño, una de las variaciones que se han realizado en la

jeringa convencional incluye su diámetro que es medido mediante el sistema “gauge”. En un principio se utilizaban agujas con diámetro 21G-25G, sin embargo no penetraban más allá del tercio coronal de la raíz, eliminando así su efectividad ya que una de las condiciones más importantes para que cualquier método de irrigación sea viable es que permita fluir el irrigante en toda la longitud del conducto radicular. Con el paso del tiempo se implementó el uso de jeringas con diámetros más pequeños como 27G, 30G y 31G, los cuales permiten una mayor penetración dentro del conducto. Otro grande problema que se presentó con las primeras agujas, las cuales presentaban punta biselada, es que al introducirse a mayor profundidad y debido a su forma provocaban que la presión ejercida evacuara el irrigante hacia la zona apical, generando así la extrusión del mismo por lo que también se modificó la punta activa de la aguja de manera que se diseñaron agujas que presentan orificios en diversas direcciones para dispensar el irrigante (1).

De esta manera se desarrolló una aguja con punta ranurada (Endo Eze) que ejerce el flujo del irrigante hacia el ápice y las paredes del conducto y por su diámetro de 30G ejerce mayor presión en la salida del irrigante (42). En una investigación que realizó una simulación computarizada de la forma en la que irrigan distintos modelos de agujas el conducto radicular, se demostró que este tipo de agujas presentan mayor velocidad de irrigación favoreciendo así el recambio de irrigante hasta 3mm más allá de la punta de la jeringa, sin embargo, al estar apuntando hacia el ápice del conducto el esfuerzo cortante se dirige hacia dicha zona teniendo un alto riesgo de extrusión apical (Ilustración 4 y 5) (30).

Las agujas Max I Probe presentan el extremo romo y cerrado con una salida lateral para minimizar la extrusión del irrigante hacia el periápice, estas agujas han demostrado una gran capacidad de desinfección en la zona apical gracias a que la presión lateral forma un gran caudal de la solución, sin embargo, solo permiten fluir el irrigante 1 mm más allá de la punta de la aguja (43) por lo tanto para que su funcionamiento sea satisfactorio el volumen de la solución debe ser grande y el diámetro de la preparación del conducto debe ser suficiente para permitir la entrada de la aguja en la zona apical (27). En la simulación computarizada mencionada

anteriormente se demostró que este tipo de agujas presentan una menor velocidad de flujo (0.26 mL/s) ya que disminuye al momento de dirigirse hacia la salida lateral de la aguja formando vórtices dando como resultado un recambio de irrigante de 1mm más allá de la punta de la aguja, sin embargo ya que el flujo se dirige de manera lateral, el esfuerzo cortante es aplicado directamente hacia la pared del conducto, disminuyendo significativamente la posibilidad de extrusión del irrigante y favoreciendo la remoción mecánica de restos en las paredes del conducto (Ilustración 4 y 5) (30).



## **Presión negativa (EndoVac)**

Este método fue diseñado por el Dr. G. John Schoeffel, tiene la función de irrigar y aspirar al mismo tiempo para evitar la extrusión de la solución irrigante más allá del límite apical. Se le conoce como presión negativa ya que contrario a la irrigación por presión positiva no ejerce una fuerza en la punta de la aguja al expulsar el irrigante debido a que la aguja se coloca de manera coronal e inmediatamente es succionada por una cánula colocada en la porción apical del conducto.

Principalmente se divide en 3 partes, una punta irrigadora maestra, una macrocánula y una microcánula.

La punta irrigadora maestra se une a la jeringa que contiene la solución y al sistema de succión de la unidad dental mediante un adaptador multipuerto de montaje, se encarga de suministrar un flujo continuo de irrigante; en el mismo adaptador multipuerto de montaje se conectan mediante mangueras la microcánula y macrocánula (44).

La macrocánula es de plástico con punta abierta calibre #55 y conicidad 0.02 se utiliza aproximadamente hasta el tercio medio radicular, para remover partículas de mayor tamaño (25).

La microcánula es de acero inoxidable de calibre #32 y cuenta con 12 perforaciones laterales en los últimos 7mm, mientras que su punta es cerrada. Puede ser utilizada hasta la longitud de trabajo en conductos que han sido instrumentados hasta el calibre #35, permite eliminar partículas de hasta 100 micras (45).

La clave de su función está en la microcánula ya que la presión negativa atrae el irrigante de la cámara pulpar hasta la longitud de trabajo creando una turbulencia, forzando el irrigante a fluir hasta los 0.2mm de la longitud de trabajo y a su vez actuando como un sistema de microfiltración (45).

La técnica de irrigación de EndoVac es la siguiente: Se coloca la punta irrigadora maestra en la porción coronal mientras se realiza la preparación mecánica para eliminar los restos que se van produciendo. Después de terminar la instrumentación con cada lima se introduce la macrocánula en el conducto al mismo tiempo que se

irriga mediante la punta irrigadora maestra, debe colocarse lo más apicalmente posible y trasladarse de arriba abajo cada 6 segundos hasta que se vacíe el conducto, de esta manera se eliminan las burbujas de microgas formadas por la hidrólisis del tejido. Una vez que se observa sin residuos el conducto, debe cambiarse la macrocánula por la microcánula ya que tiene un diámetro menor y alcanza la totalidad del conducto y realizar el mismo movimiento, cada 6 segundos. El manual que contiene el EndoVac recomienda que se utilice la microcánula después de la macrocánula entre cada una de las limas, sin embargo, debido a que los orificios de la microcánula son muy finos se recomienda solo utilizarla para la irrigación final, una vez que se ha terminado la instrumentación para evitar obstruir dichos orificios (44).

## JUSTIFICACIÓN

La preparación biomecánica del conducto radicular es uno de los pasos más importantes durante el tratamiento de conductos, por eso es importante tener la certeza de que tanto el procedimiento mecánico encargado de la conformación del conducto como el proceso de desinfección mediante irrigación son efectivos para lograr su propósito, desde años atrás se ha establecido un protocolo que había demostrado ser efectivo y por lo tanto es el más utilizado, el cual se basa en la preparación con limas manuales o rotatorias e irrigación con aguja endodóntica, sin embargo, con el paso del tiempo se ha demostrado que la desinfección tradicional no es tan efectiva como se pensaba y han surgido nuevas interrogantes; una de ellas está relacionada con la capacidad de eliminación de *Enterococcus faecalis*, que es la principal bacteria causante de fracaso endodóntico. Se ha comprobado que es una bacteria altamente resistente a diversas condiciones dentro del conducto, a pesar de que la acción del NaClO al 2.5% ha demostrado ser efectiva al usarse por un tiempo determinado, estudios han demostrado que la acción mecánica de los sistemas rotatorios producen la obliteración de los túbulos dentinarios con el detritus dentinario que contiene dicha bacteria, siendo así imposible que el NaClO ejerza su acción. Es por esto que se han desarrollado diferentes métodos de irrigación, la irrigación con aguja convencional utiliza presión positiva, de este método se han derivado diferentes modelos en los cuales varía la punta activa de la aguja, mejorando de esta manera la dirección a la que se distribuye el irrigante. De igual manera se ha desarrollado otra técnica de irrigación que utiliza presión negativa, la cual proporciona un flujo continuo del irrigante a lo largo de todo el conducto, lo cual debería asegurar una mayor desinfección. De esta manera surge otra interrogante relacionada con el mecanismo por el cual funciona cada sistema: ¿Si el factor determinante para que los métodos de irrigación utilizados en la presente investigación funcionen es la presión, tiene alguna influencia en la eliminación de *Enterococcus faecalis* la longitud a la que se coloca la aguja durante la irrigación?

## HIPÓTESIS

Ho1: Las 3 técnicas de irrigación utilizadas en este estudio tienen la misma eficacia para la eliminación de *Enterococcus faecalis* en la limpieza del conducto radicular.

Hi1: Las 3 técnicas de irrigación utilizadas en este estudio tienen diferente capacidad para la eliminación de *Enterococcus faecalis* en la limpieza del conducto radicular.

Ho2: La profundidad de irrigación brindada por la preparación biomecánica no influye en la capacidad de eliminación de *Enterococcus faecalis*.

Hi2: La profundidad de irrigación brindada por la preparación biomecánica influye en la capacidad de eliminación de *Enterococcus faecalis*.

Ho3: El método de irrigación por presión negativa no presenta mayor eficacia en la eliminación de *Enterococcus faecalis* en comparación con la irrigación por presión positiva.

Hi3: El método de irrigación por presión negativa presenta mayor eficacia en la eliminación de *Enterococcus faecalis* en comparación con la irrigación por presión positiva.

## VARIABLES INDEPENDIENTES

- Preparación biomecánica:
  - o Sistema ProTaper Next
  - o Sistema iRace
- Irrigación:
  - o Presión positiva: Endo Eze

- o Presión positiva: Max I Probe
- o Presión negativa: EndoVac

#### VARIABLES DEPENDIENTES

- UFC de *Enterococcus faecalis*
- Profundidad de penetración de irrigante

#### GRUPOS EXPERIMENTALES

- CONTROL POSITIVO:

GRUPO 1. Preparación biomecánica del conducto mediante sistema ProTaper Next e irrigación positiva con aguja Endo Eze.

GRUPO 2. Preparación biomecánica del conducto mediante sistema ProTaper Next e irrigación positiva con aguja Max I Probe.

GRUPO 3. Preparación biomecánica del conducto mediante sistema ProTaper Next e irrigación negativa con EndoVac.

GRUPO 4. Preparación biomecánica del conducto mediante sistema iRace e irrigación positiva con aguja Endo Eze.

GRUPO 5. Preparación biomecánica del conducto mediante sistema iRace e irrigación positiva con aguja Max I Probe.

GRUPO 6. Preparación biomecánica del conducto mediante sistema iRace e irrigación negativa con EndoVac.

- CONTROL NEGATIVO:

GRUPO 1. Preparación biomecánica del conducto mediante sistema ProTaper Next e irrigación positiva con aguja Endo Eze y agua destilada estéril.

GRUPO 2. Preparación biomecánica del conducto mediante sistema ProTaper Next e irrigación positiva con aguja Max I Probe y agua destilada estéril.

GRUPO 3. Preparación biomecánica del conducto mediante sistema ProTaper Next e irrigación negativa con EndoVac y agua destilada estéril.

GRUPO 4. Preparación biomecánica del conducto mediante sistema iRace e irrigación positiva con aguja Endo Eze y agua destilada estéril.

GRUPO 5. Preparación biomecánica del conducto mediante sistema iRace e irrigación positiva con aguja Max I Probe y agua destilada estéril.

GRUPO 6. Preparación biomecánica del conducto mediante sistema iRace e irrigación negativa con EndoVac y agua destilada estéril.

## DEFINICIÓN DE VARIABLES

- SISTEMA PROTAPER NEXT: Sistema de instrumentación rotatoria de la gama ProTaper, patentado por Dentsply, fabricado de material M-Wire NiTi que presenta una secuencia única para todos los casos clínicos basado en 3 limas básicas, además de 2 limas adicionales y 1 lima accesoria (Ilustración 6).



ILUSTRACIÓN 4: PROTAPER  
NEXT

- SISTEMA IRACE: Sistema de instrumentación rotatoria de la gama Race patentado por FKG, fabricado en NiTi, gracias a sus características solo necesita de 3 instrumentos para la mayoría de los casos, además incluye 2 limas adicionales para conductos de mayor dificultad de conformación (Ilustración 7).



ILUSTRACIÓN 5: IRACE

- PRESIÓN POSITIVA: Presión que se produce al colocar una aguja en el conducto radicular irrigando por su parte activa mientras que la cánula de succión se coloca más coronal respecto a la aguja de irrigación generando así una presión en la punta de la aguja.

- **PRESIÓN NEGATIVA:** Presión que se produce al colocar una aguja en el conducto radicular en posición más coronal respecto a la cánula, de manera que atrae el irrigante de la cámara pulpar hasta la longitud de trabajo creando una turbulencia, forzando el irrigante a fluir.
- **ENDO EZE:** Aguja metálica suave y flexible para irrigar, succionar, secar, grabar y obturar conductos radiculares. Presenta un diámetro de 27ga con una punta activa de abertura lateral para evitar la extrusión de irrigante al ápice del diente (Ilustración 8).

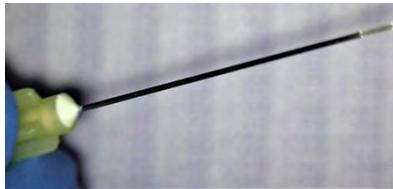


ILUSTRACIÓN 6: ENDO EZE

- **MAX I PROBE:** Aguja metálica flexible para irrigar el conducto radicular, patentada por Dentsply, presenta un extremo cerrado y redondeado para evitar lesionar tejidos así como una salida lateral que impide la extrusión del irrigante (Ilustración 9).



ILUSTRACIÓN 7:MAX I PROBE

- ENDOVAC: Sistema de irrigación patentado por Kerr que utiliza la succión para arrastrar la solución irrigante hacia la longitud de trabajo y la conduce nuevamente hacia la porción coronal, evitando la presión ejercida por la proyección de la solución hacia la parte más apical del conducto (Ilustración 10, 11, 12).



ILUSTRACIÓN 10:  
MACROCÁNULA  
(ENDOVAC)



ILUSTRACIÓN 11:  
MICROCÁNULA  
(ENDOVAC)



ILUSTRACIÓN 12: PUNTA  
IRRIGADORA (ENDOVAC)

- 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 lapso de tiempo.
- PROFUNDIDAD DE IRRIGACIÓN: Profundidad que alcanza la solución irrigante dentro del conducto radicular durante la preparación biomecánica.

## OBJETIVOS

### GENERAL:

- Determinar el sistema mecánico que permita una mayor eliminación de *Enterococcus faecalis* en combinación con técnicas de irrigación por presión positiva y negativa.

### ESPECÍFICOS:

- Determinar si la profundidad de penetración de la aguja en el conducto radicular influye en la capacidad de eliminación del *Enterococcus faecalis*.
- Determinar cuál de las 3 diferentes técnicas de irrigación utilizadas en el estudio tiene mayor eficacia para la eliminación del *Enterococcus faecalis* en la limpieza del conducto radicular.
- Determinar cuál de las dos técnicas mecanizadas para la preparación del conducto radicular es más efectiva para la eliminación de *Enterococcus faecalis*.
- Comprobar si el método de irrigación por presión negativa tiene mejores resultados para la eliminación del *Enterococcus faecalis* en comparación con los métodos de presión positiva.

## **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

**POBLACIÓN:** Se utilizaron 3 dientes extraídos por cada grupo control positivo y 1 por cada grupo de control negativo sin tener en cuenta la edad y sexo del paciente, después de la extracción fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 2.5% y se mantuvieron en solución salina hasta la instrumentación del conducto. Para comprobar que únicamente presentaban un conducto radicular se tomaron radiografías periapicales en dirección vestibulo-lingual y mesio-distal.

### **CRITERIOS DE INCLUSIÓN:**

- Raíz distal de molares inferiores con un conducto radicular o mesial en caso de tener un solo conducto y ausencia de curvatura excesiva.
- Raíz DV y Palatina de molares superiores así como MV en caso de tener un solo conducto y ausencia de curvatura excesiva.
- Dientes unirradiculares, tanto anteriores como posteriores con conductos estrechos.
- Con desarrollo radicular completo.

### **CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:**

Dientes con caries radiculares, ápices inmaduros, con fractura radicular, con tratamiento endodóntico, calcificados y con curvatura exagerada.

### **PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS:**

- Se realizó el acceso a la cámara pulpar con pieza de alta y fresa redonda de carburo n° 4 y troncocónica.
- Se determinó la longitud de trabajo con lima K calibre 10 y confirmada mediante una radiografía periapical.
- Las muestras fueron colocadas en bolsas para esterilizar y se llevaron al autoclave a 121° por 30 minutos.

## INFECCIÓN DE LAS MUESTRAS:

-Con un asa de siembra se tocaron las superficies convexas de 4 o 5 colonias de la cepa de *E. faecalis*, se sumergió el asa en 10 mL de caldo Müller-Hinton (APÉNDICE2), se enjuagó bien en el líquido para descargar todo el material y luego se retiró 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  $1.5 \times 10^8$  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  $1.5 \times 10^8$  UFC/mL, una vez obtenida esta cantidad se realizó una dilución para tener en 10 mL de caldo con  $1.5 \times 10^5$  UFC/mL.

- Se realizó la infección de las muestras colocando por grupo en un tubo de ensayo con 10ml de la solución para ser incubados a 37° por 24 horas (Ilustración 13).

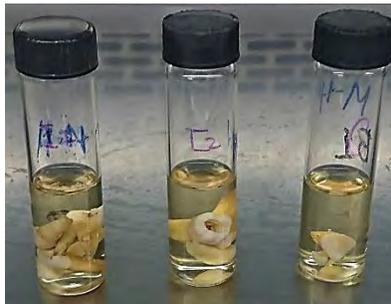


ILUSTRACIÓN 13:INFECCIÓN DE LAS MUESTRAS

- Desinfección: se limpió la superficie externa con algodón impregnado con  $NaClO$  al 5.25% para ser neutralizado con agua destilada.

- Se dividieron los 24 dientes en 12 grupos aleatoriamente de los cuales 6 grupos sirvieron de control positivo y 6 grupos se utilizaron como control negativo que fueron irrigados con agua destilada estéril.

## GRUPOS EXPERIMENTALES

**- Control positivo:**

**GRUPO 1.** Preparación biomecánica del conducto mediante sistema **ProTaper Next**, iniciando mediante la lima X1 e irrigando NaClO al 2.5% mediante presión positiva con aguja **Endo Eze**. Se registró la longitud de irrigación alcanzada mediante topes, posteriormente se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Siguiendo la secuencia se instrumentó con la lima X2 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Para terminar la conformación del conducto se instrumentó con la lima X3 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

**GRUPO 2.** Preparación biomecánica del conducto mediante sistema **ProTaper Next**, iniciando mediante la lima X1 e irrigando NaClO al 2.5% mediante presión positiva con aguja **Max I Probe**. Se registró la longitud de irrigación alcanzada mediante topes, posteriormente se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Siguiendo la secuencia se instrumentó con la lima X2 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca

Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Para terminar la conformación del conducto se instrumentó con la lima X3 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

**GRUPO 3.** Preparación biomecánica del conducto mediante sistema **ProTaper Next**, iniciando mediante la lima X1 e irrigando NaClO al 2.5% mediante presión negativa con aguja **EndoVac**. Se registró la longitud de irrigación alcanzada mediante topes, posteriormente se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Siguiendo la secuencia se instrumentó con la lima X2 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Para terminar la conformación del conducto se instrumentó con la lima X3 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

**GRUPO 4.** Preparación biomecánica del conducto mediante sistema **iRace**, iniciando mediante la lima R1 e irrigando NaClO al 2.5% mediante presión positiva con aguja **Endo Eze**. Se registró la longitud de irrigación alcanzada mediante topes,

posteriormente se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Siguiendo la secuencia se instrumentó con la lima R2 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Para terminar la conformación del conducto se instrumentó con la lima R3 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

**GRUPO 5.** Preparación biomecánica del conducto mediante sistema **iRace**, iniciando mediante la lima R1 e irrigando NaClO al 2.5% mediante presión positiva con aguja **Max I Probe**. Se registró la longitud de irrigación alcanzada mediante topes, posteriormente se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Siguiendo la secuencia se instrumentó con la lima R2 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Para terminar la conformación del conducto se instrumentó con la lima R3 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen

de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

**GRUPO 6.** Preparación biomecánica del conducto mediante sistema **iRace**, iniciando mediante la lima R1 e irrigando NaClO al 2.5% mediante presión negativa con aguja **EndoVac**. Se registró la longitud de irrigación alcanzada mediante topes, posteriormente se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Siguiendo la secuencia se instrumentó con la lima R2 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Para terminar la conformación del conducto se instrumentó con la lima R3 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

#### **GRUPOS CONTROL:**

**GRUPO 1.** Preparación biomecánica del conducto mediante sistema **ProTaper Next**, iniciando mediante la lima X1 e irrigando agua destilada estéril mediante presión positiva con aguja **Endo Eze**. Se registró la longitud de irrigación alcanzada mediante topes, posteriormente se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Siguiendo la secuencia se instrumentó con la lima X2 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Para terminar la conformación del conducto se instrumentó con la lima X3 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

**GRUPO 2.** Preparación biomecánica del conducto mediante sistema **ProTaper Next**, iniciando mediante la lima X1 e irrigando agua destilada estéril mediante presión positiva con aguja **Max I Probe**. Se registró la longitud de irrigación alcanzada mediante topes, posteriormente se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Siguiendo la secuencia se instrumentó con la lima X2 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Para terminar la conformación del conducto se instrumentó con la lima X3 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

**GRUPO 3.** Preparación biomecánica del conducto mediante sistema **ProTaper Next**, iniciando mediante la lima X1 e irrigando agua destilada estéril mediante presión negativa con aguja **EndoVac**. Se registró la longitud de irrigación alcanzada mediante topes, posteriormente se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Siguiendo la secuencia se instrumentó con la lima X2 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Para terminar la conformación del conducto se instrumentó con la lima X3 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

**GRUPO 4.** Preparación biomecánica del conducto mediante sistema **iRace**, iniciando mediante la lima R1 e irrigando agua destilada estéril mediante presión positiva con aguja **Endo Eze**. Se registró la longitud de irrigación alcanzada mediante topes, posteriormente se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Siguiendo la secuencia se instrumentó con la lima R2 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca

Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Para terminar la conformación del conducto se instrumentó con la lima R3 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

**GRUPO 5.** Preparación biomecánica del conducto mediante sistema **iRace**, iniciando mediante la lima R1 e irrigando agua destilada estéril mediante presión positiva con aguja **Max I Probe**. Se registró la longitud de irrigación alcanzada mediante topes, posteriormente se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Siguiendo la secuencia se instrumentó con la lima R2 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Para terminar la conformación del conducto se instrumentó con la lima R3 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

**GRUPO 6.** Preparación biomecánica del conducto mediante sistema **iRace**, iniciando mediante la lima R1 e irrigando agua destilada estéril mediante presión negativa con aguja **EndoVac**. Se registró la longitud de irrigación alcanzada

mediante topes, posteriormente se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Siguiendo la secuencia se instrumentó con la lima R2 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

Para terminar la conformación del conducto se instrumentó con la lima R3 con el mismo protocolo de irrigación y se registró mediante topes la longitud de irrigación alcanzada, se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply® y el detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton a 36° por 24 horas.

## CULTIVO DE LAS MUESTRAS:

Después de obtener las muestras mediante lima ISO 30 tipo Hedströen de la marca Dentsply®, se depositaron en tubos con 5 mL de caldo Müller-Hinton (Ilustración 14), se colocaron en una incubadora a 36°C, sin mayor tensión de CO<sub>2</sub>. Es preciso evitar presión de CO<sub>2</sub> debido a que se puede formar ácido carbónico en la superficie humedecida del agar, provocando un descenso de pH. (APÉNDICE 1)

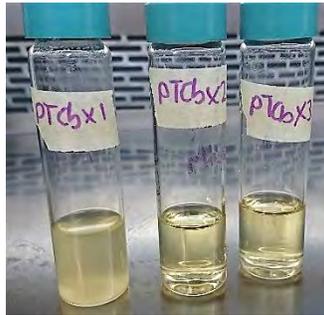


ILUSTRACIÓN 14: MUESTRAS DESPUÉS DE 24H DE INCUBACIÓN

## OBTENCIÓN DE RESULTADOS:

Para contar el número de microorganismos se tomó una muestra pasadas las 24 horas en incubación de 50 µL y se colocó en una caja septada con tres divisiones de agar Müller-Hinton (APÉNDICE 3), en la división marcada con el código de muestra (Ilustración 15); 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 colocaron en la división marcada como 1 (Ilustración 16); finalmente se realizó una dilución 1:10000, para lo cual de la dilución 1:100 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 colocaron en la división marcada como 2 (Ilustración 17). Las cajas se incubaron por 24 horas a 36°C y posteriormente se realizó la cuenta manualmente del número de colonias. (APÉNDICES 4 Y 5)

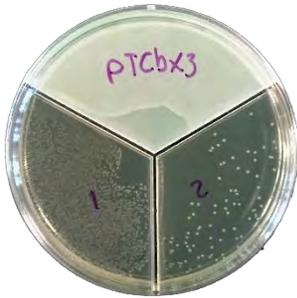


ILUSTRACIÓN 15: SIEMBRA DE MUESTRAS (SIN DILUIR).

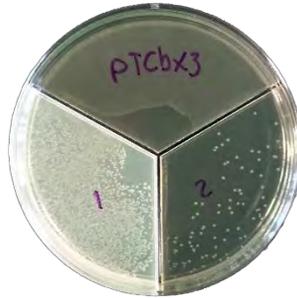


ILUSTRACIÓN 16: SIEMBRA DE MUESTRAS (1RA DILUCIÓN).

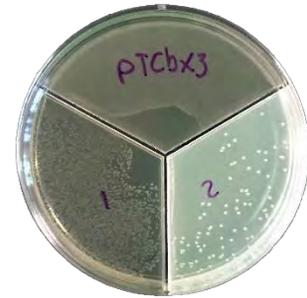


ILUSTRACIÓN 17: SIEMBRA DE MUESTRAS (2DA DILUCIÓN).

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El estudio estadístico de los datos obtenidos en el experimento se llevó a cabo por el Mtro. Ángel Durán Díaz en el departamento de estadística de Biología en la FES Iztacala mediante el paquete MINITAB versión 18.

Se realizó una estadística descriptiva en la que se determinan los valores mínimo, máximo, desviación estándar, mediana, cuartil 1 y cuartil 3, los cuales son representados mediante gráficas Boxplot o de caja.

## CONSIDERACIONES ÉTICAS Y LEGALES

Las muestras que serán utilizadas para la investigación se obtendrán de los pacientes que acuden a la clínica Odontológica Iztacala, siendo estos candidatos para extracciones, se les otorgará un consentimiento informado donde darán su aprobación para utilizar los órganos dentarios en la investigación.

Una vez realizada la investigación y que se hayan obtenido los resultados, se esterilizarán, se sellaran en una bolsa roja de desechos infecto-contagiosos y serán llevados al área de bioseguridad, donde se encargarán de desecharlos de acuerdo a lo establecido en la normatividad de la institución.

Las cepas bacterianas de *E.faecalis* serán 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 que se hayan obtenido los resultados, se esterilizarán las cajas Petri que las contengan, se sellaran en una bolsa roja de desechos infecto-contagiosos y serán llevados al área de bioseguridad, donde se encargarán de desecharlos de acuerdo a lo establecido en la normatividad de la institución.

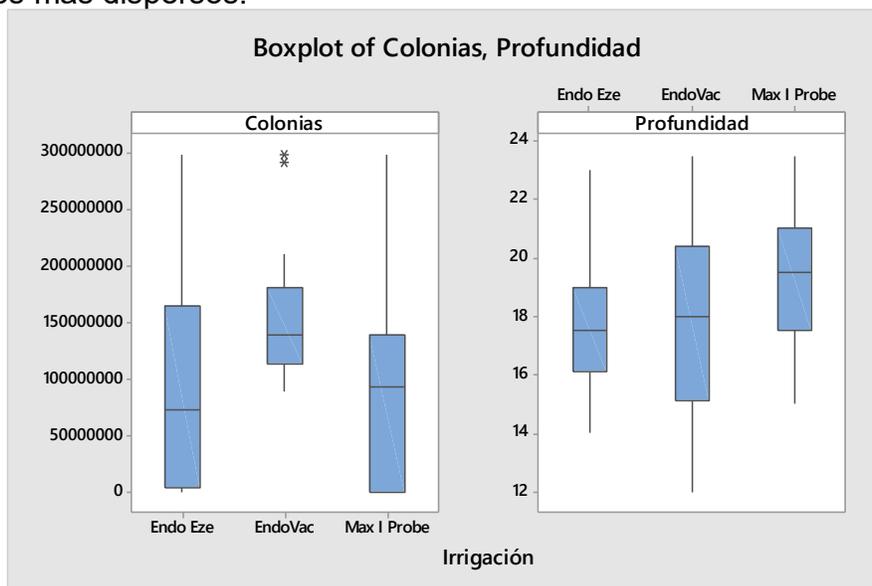
## RESULTADOS

En las siguientes gráficas se encuentran representados los datos (APÉNDICE 6) de manera que en cada caja se puede observar la mediana (línea dentro de la caja) el rango intercuartil (longitud de la caja) y los valores mínimo y máximo (líneas exteriores).

### MÉTODOS DE IRRIGACIÓN

En la gráfica irrigación-UFC (Gráfica 1) se puede observar el comportamiento de los sistemas de irrigación. Respecto al número de colonias se observa que la irrigación con Endo Eze logra una mayor disminución de colonias respecto a su mediana y presenta asimetría positiva, lo que significa que sus valores se encuentran distribuidos hacia la disminución de colonias, mientras que en Max I Probe la asimetría es negativa y en el caso de EndoVac presenta asimetría positiva y límites menos dispersos respecto a los demás pero cuenta con dos casos aislados mayores al límite superior, representados mediante asteriscos.

Respecto a la profundidad de irrigación (Gráfica 2) se observa que Max I Probe logra una mayor profundidad y asimetría positiva seguido de EndoVac que además presenta distribución simétrica pero valores límites muy dispersos, mostrando un comportamiento inconstante, mientras que Endo Eze mantiene distribución similar pero límites más dispersos.



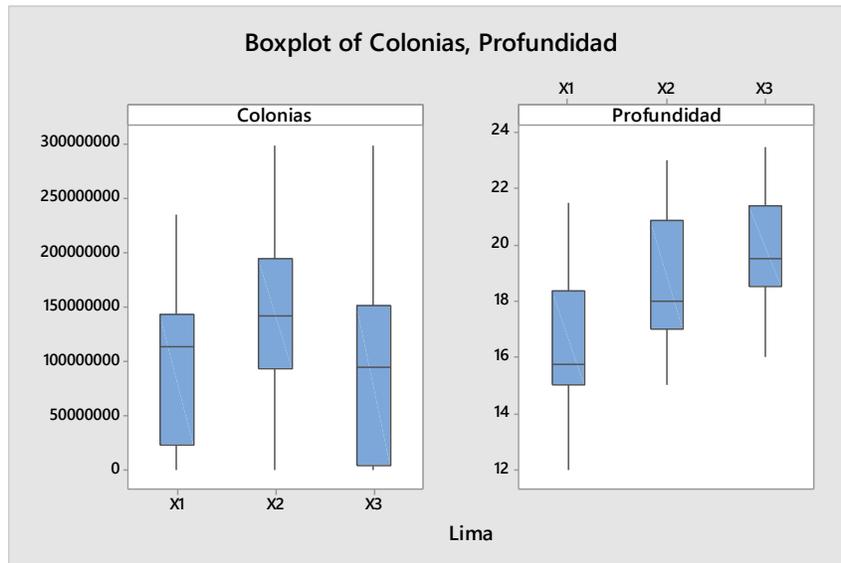
GRÁFICA 1: IRRIGACIÓN-UFC

GRÁFICA 2: IRRIGACIÓN-PROFUNDIDAD

## SECUENCIA DE LIMAS

La gráfica limas-UFC (Gráfica 3) representa el comportamiento de las 3 limas pertenecientes a los sistemas rotatorios en relación al número de colonias, se observa que la lima X3 logró una mayor disminución de colonias respecto a su mediana y presenta asimetría negativa y límites dispersos, seguido de la lima X1 que presenta comportamiento similar pero menor eliminación de colonias y finalmente la lima X2 que presenta la menor disminución de colonias, distribución simétrica pero límites dispersos.

En cuanto a la profundidad de preparación alcanzada por lima (Gráfica 4) se observa que la lima X3 logra mayor profundidad respecto a la media pero presenta asimetría negativa y límites dispersos, la lima X2 presenta comportamiento similar pero logra una menor profundidad y finalmente la lima X1 presenta similar comportamiento y la menor profundidad de irrigación.



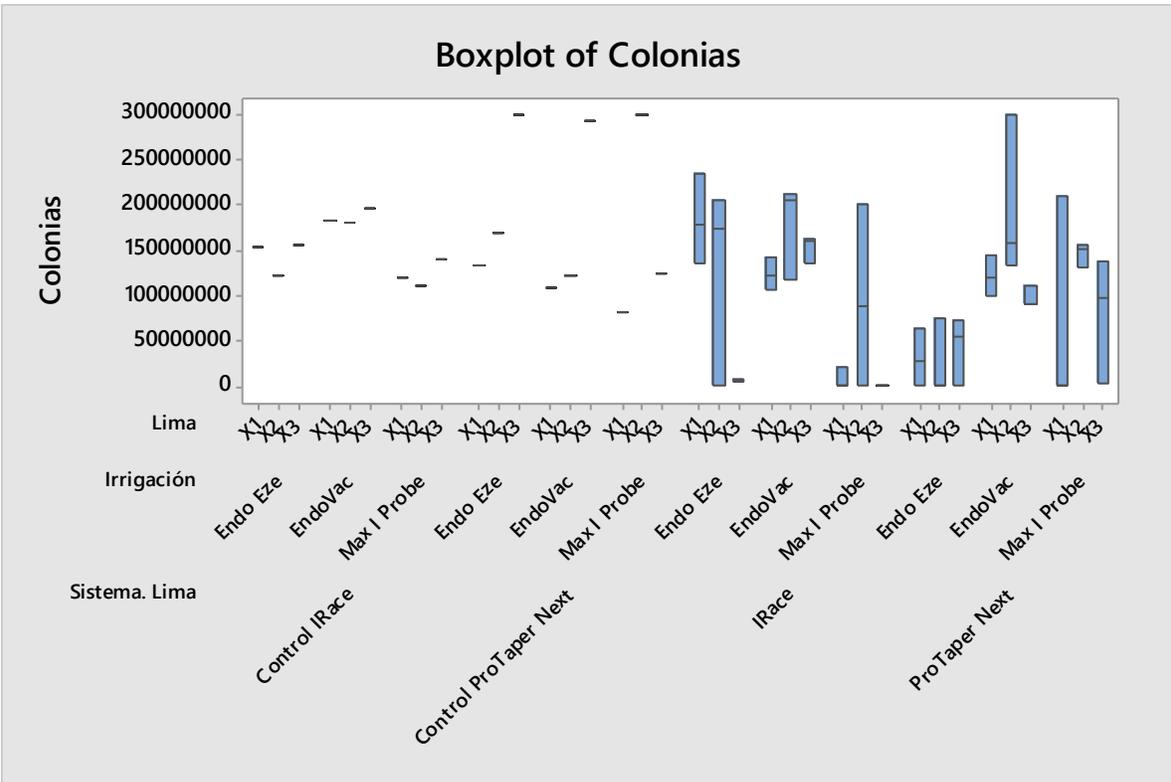
GRÁFICA 3: LIMAS-UFC

GRÁFICA 4: LIMAS-PROFUNDIDAD

## SISTEMAS ROTATORIOS Y MÉTODOS DE IRRIGACIÓN

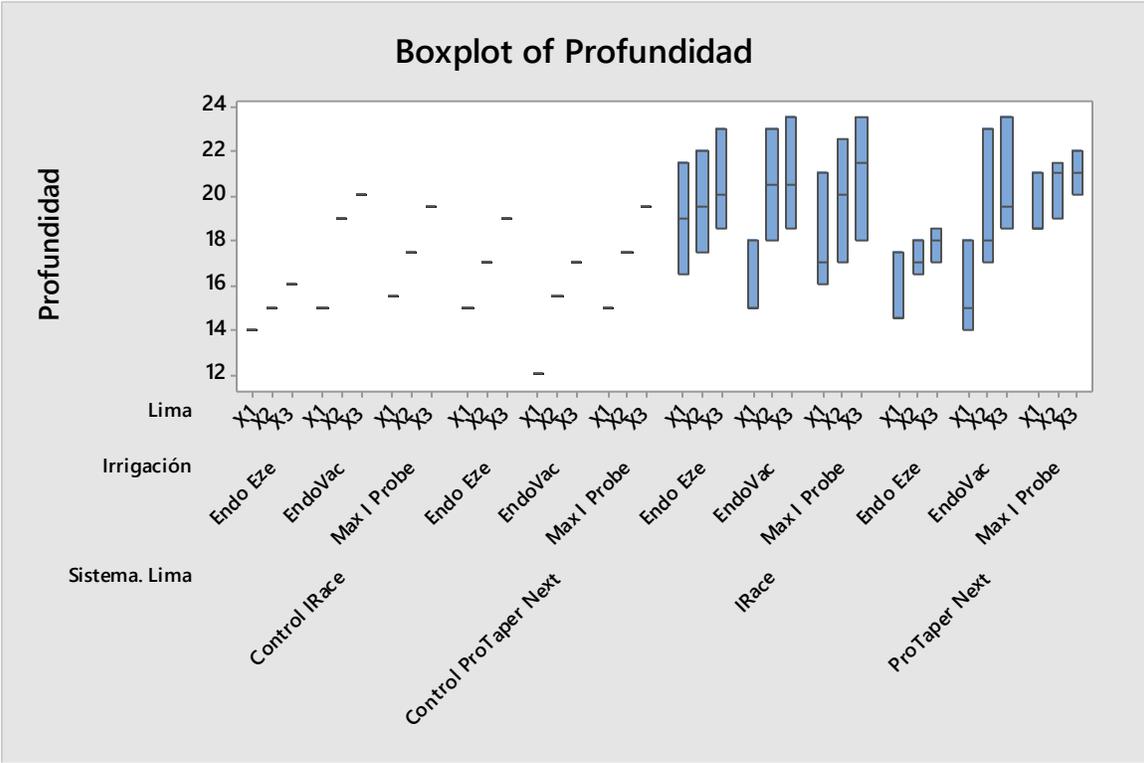
En la presente gráfica (Gráfica 5), se puede observar que ordenados de mayor a menor disminución de colonias: El sistema ProTaper Next con Endo Eze logra una disminución al valor más cercano a 0 respecto a la mediana, sin embargo, la lima X2 logra una mayor disminución con una mediana muy cercana a 0 pero aumenta el número de colonias en la lima X3 aproximadamente al doble respecto a la lima X1 respecto a su mediana aunque presenta valores mínimos de 0, el sistema IRace con Max I Probe logró una disminución significativa de las colonias en la lima X1 con una mediana cercana a 0, en la lima X2 se eleva el número de colonias pero disminuye a 0 en la lima X3. El sistema IRace con Endo Eze presenta una disminución constante desde la lima X1 a la X3 en la cual llega a 0 el número de colonias. El sistema ProTaper Next con Max I Probe logra una disminución cercana a 0 respecto a la mediana en la lima X1 pero presenta límites muy dispersos, aumenta significativamente en la lima X2 y disminuye ligeramente respecto a la mediana en la lima X3 sin embargo, el valor mínimo es cercano a 0. En cuanto al grupo tratado mediante EndoVac con ProTaper Next existe una tendencia similar a la mayoría de los grupos en la cual disminuyen las colonias en la lima X1, aumentan en la lima X2 y disminuyen en la X3, sin embargo ninguna lima presenta una mediana cercana a 0 y el valor máximo (X2) alcanza el valor más alto respecto al número de colonias en todos los grupos. El sistema IRace en conjunto con EndoVac disminuye el número de colonias en la lima X1, aumenta en la lima X2 y disminuye en la lima X3, sin embargo su mediana es mayor a la lima X1 y los valores mínimos en las 3 limas nunca se acercan a 0 por lo cual es la combinación que presenta menor efectividad de todos los grupos.

Adicionalmente se puede observar que existe una tendencia en los grupos experimentales en la cual la lima X3 logra una disminución de colonias respecto a la lima X2 mientras que en los grupos control sucede a la inversa.



GRÁFICA 5: SISTEMA-IRRIGACIÓN (UFC)

En la gráfica sistema-irrigación (profundidad) se observa que ordenados de mayor a menor profundidad IRace con Endo Eze es el grupo que logra una mayor profundidad de irrigación que aumenta 0.5mm de la lima 1 a la 2 y 0.5mm de la lima 2 a la 3 con límites proporcionales, después IRace con Max I Probe aumentando 3 mm de profundidad de la lima 1 a la 2 y aumentando 2 mm de la lima 2 a la 3 terminando en 22mm respecto a la mediana, y mostrando límites proporcionales entre todas las limas, le sigue ProTaper Next con Max I Probe que aumenta 2 mm de la lima 1 a la 2, mientras que de la lima 2 a la 3 se conserva la misma profundidad respecto a la mediana mostrando límites proporcionales entre las 3 limas, después IRace con EndoVac aumenta la profundidad 5mm de la lima 1 a la 2 y se mantiene igual en la lima 3 mostrando límites menos proporcionales que los grupos anteriores, seguido de, después ProTaper con EndoVac aumenta la profundidad 3mm de la lima 1 a la 2 y 2mm de la lima 2 a la 3 con límites menos proporcionales entre las 3 limas y finalmente ProTaper con Endo Eze aumenta 2.5mm de la lima 1 a la 2 y 1mm de la lima 2 a la 3 con límites dispersos en cada lima (Gráfica 6).

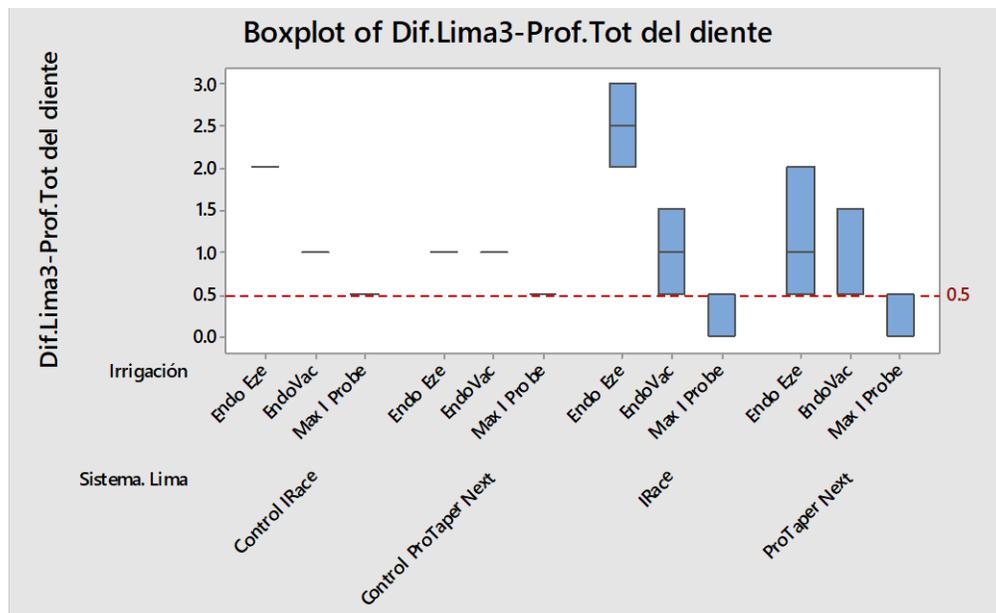


GRÁFICA 6: SISTEMA-IRRIGACIÓN (PROFUNDIDAD)

## PROFUNDIDAD ALCANZADA POR LA ÚLTIMA LIMA RESPECTO A LA PROFUNDIDAD TOTAL

En la gráfica profundidad total-lima 3 (Gráfica 7) se representa la profundidad de irrigación alcanzada por la última lima (X3) de cada sistema con su respectivo sistema de irrigación y la profundidad de irrigación máxima (0.5 mm) se muestra como una línea punteada roja.

Se observa que Max I Probe logra una mayor profundidad de irrigación sin importar el sistema de limas con el que se utilice, en segundo lugar se encuentra EndoVac y en último Endo Eze. Se puede observar que Max I Probe con ambos sistemas de limas logra irrigar la totalidad del conducto con una mediana muy cercana a 0 mm y un máximo de 0.5 mm mientras que EndoVac irriga a 0.5mm respecto a su mediana al usarse con ProTaper Next y a 1.0 mm al usarse con IRace y ambas combinaciones tienen límites entre 0.5 y 1.5mm, finalmente Endo Eze presenta mayor profundidad de irrigación al usarse con ProTaper Next con una mediana de 1.0 pero mostrando asimetría positiva con límites entre 0.5 y 2.0 mm, en comparación a cuando es utilizado con IRace que presenta una mediana de 2.5mm con límites entre 2.0 y 3.0 mm. Además se observa el mismo comportamiento en los grupos control.

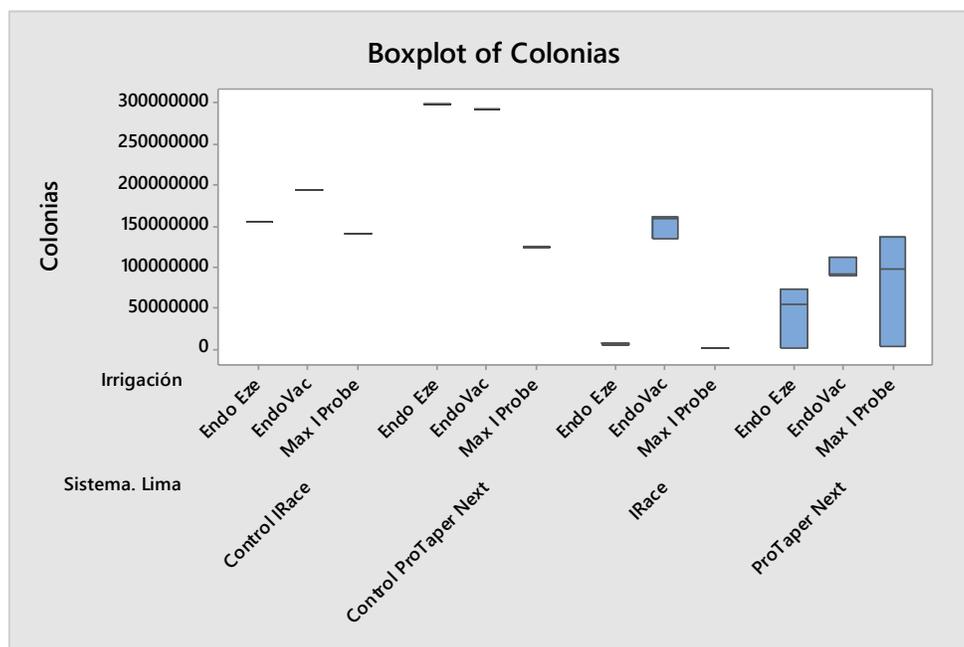


GRÁFICA 7: PROFUNDIDAD TOTAL-LIMA 3

### UFC EN LA ÚLTIMA SECUENCIA DE IRRIGACIÓN (LIMA 3)

En la gráfica sistema-irrigación (UFC) se representa la cantidad de UFC presentes al utilizar la última lima (X3) de cada sistema con cada sistema de irrigación.

Se puede observar que Max I Probe en combinación con IRace es la técnica que logra mayor eliminación de colonias bacterianas llegando a 0, seguido de Endo Eze con IRace con una mediana muy cercana a 0 mientras que Endo Eze con ProTaper Next no logra una desinfección total pero sí disminuye significativamente respecto al valor más alto teniendo una mediana cercana al valor más bajo y presentando un valor mínimo de 0, Max I Probe en conjunto con ProTaper Next logra una menor disminución de colonias respecto a su mediana que se encuentra en el valor medio de la gráfica, presenta asimetría negativa y un valor mínimo de 0, EndoVac en conjunto con ProTaper Next logra una disminución similar a la combinación anterior con límites más concentrados pero sin valores mínimos cercanos a 0 y finalmente EndoVac en conjunto con IRace logra la menor disminución de colonias de todos los grupos ya que presenta asimetría negativa y sin valores mínimos cercanos a 0. En los grupos control se observa la misma tendencia respecto a los grupos experimentales a excepción de la irrigación con Endo Eze en conjunto con ProTaper Next en el cual aumentó el número de UFC (Gráfica 8).



GRÁFICA 8: SISTEMA-IRRIGACIÓN (UFC)

## DISCUSIÓN

La tendencia actual de preservar la salud con el fin de tener una mejor calidad de vida incluye mantener la dentadura el mayor tiempo posible, lo que ha obligado a la rama de la Endodoncia a desarrollar nuevas tecnologías y mejorar técnicas que ya funcionan para que logren su máximo potencial, pero así como se desarrollan nuevas técnicas es necesario tener un sustento científico de que funcionan.

Con el paso de los años la Endodoncia ha adquirido un enfoque más conservador ya que se han observado mejores pronósticos respecto al tratamiento, lo cual implica una conformación del conducto radicular de menor diámetro afectando así la profundidad en la que se coloca el sistema de irrigación, lo cual puede resultar en conductos con una conformación excelente y diámetro menor pero sin una correcta desinfección.

El propósito de la presente investigación fue determinar qué combinación de sistema rotatorio y de irrigación tiene una mayor efectividad en la eliminación de *Enterococcus faecalis* para la preparación biomecánica del conducto radicular, así como determinar si la profundidad alcanzada por la aguja para irrigar afecta en su capacidad de desinfección. Se tomaron en cuenta las siguientes variables:

- Sistema rotatorio (ProTaper Next y IRace)
- Irrigación (Endo Eze, Max I Probe y EndoVac)
- Profundidad de irrigación alcanzada
- UFC de colonias bacterianas (*Enterococcus faecalis*)

### SISTEMA ROTATORIO

La preparación biomecánica del conducto radicular se lleva a cabo en dos pasos, el primero es la preparación física del conducto, la cual es realizada mediante limas ya sea manuales o rotatorias que se encargan de brindar permeabilidad al conducto y darle forma cónica para su posterior obturación. En el presente experimento se utilizaron dos sistemas rotatorios ProTaper Next y IRace, debido a que son marcas ampliamente utilizadas en la práctica endodóntica y ambas tienen una secuencia de trabajo de 3 limas, terminando con un calibre 30 en ambos sistemas. La importancia

de que el calibre de la última lima sea de 30, radica en que las agujas para irrigar presentan el mismo calibre y una de las condiciones para lograr una correcta desinfección es que la aguja para irrigar debe alcanzar los últimos 3 mm del conducto sin quedar forzada con las paredes, por lo que es el calibre mínimo para permitir el flujo del irrigante en la totalidad del conducto.

## IRRIGACIÓN

El segundo paso de la preparación biomecánica es la irrigación, actualmente se han desarrollado nuevas técnicas para irrigar provocando que la investigación de la irrigación por jeringa convencional sea mínima, sin embargo al ser la técnica más utilizada aún, es necesario fomentar la investigación en esta área.

En el presente experimento se utilizaron 3 tipos de agujas para irrigar, dos por presión positiva, la cuál es la irrigación convencional que funciona expulsando la solución irrigante por la punta activa de la aguja y otro por presión negativa. Para la primera técnica se utilizó la aguja Endo Eze que presenta la punta activa ranurada permitiendo la salida del irrigante de manera lateral y céntrica, evitando así su proyección a tejidos periapicales y desinfectando mejor las paredes del conducto, además fue una de las primeras modificaciones que se le realizó a la aguja de tipo hipodérmico por lo que con el paso del tiempo ha ganado aprobación tanto clínica como en la literatura.

Para la segunda técnica de irrigación se utilizó la aguja Max I Probe que también funciona con presión positiva, presenta la punta activa cerrada mientras que el irrigante es expulsado por una ranura lateral, esta modificación en la punta de la aguja pretende evitar la proyección del irrigante a tejidos periapicales de mejor manera que la aguja Endo Eze y debido que la punta está cerrada, la presión a la que se proyecta de manera lateral el irrigante es mayor y permite una mejor desinfección de las paredes del conducto que la aguja Endo Eze.

Para la tercera técnica de irrigación se utilizó el sistema EndoVac que a diferencia de los dos sistemas anteriores funciona con presión negativa, se le conoce así debido a que el irrigante fluye de manera contraria a la presión positiva, la aguja se

coloca lo más cercana al límite apical mientras que la cánula de eyección se coloca en la entrada del conducto radicular formando un flujo constante de la solución irrigante dentro del conducto. Es un sistema relativamente nuevo que actualmente no es tan conocido ni estudiado científicamente como otras técnicas pero entre sus ventajas promete evitar completamente la proyección a tejidos periapicales ya que la punta activa se encuentra cerrada y la proyección del irrigante se produce por la aguja colocada en el tercio coronal del conducto.

Se ha demostrado que la frecuencia de extrusión del irrigante sin importar el calibre de preparación apical es de 54.17% al utilizar jeringa de irrigación convencional mientras que al utilizar EndoVac es de 8.33%. (41)

La solución irrigante también es un factor importante en el proceso de irrigación, en este estudio se utilizó hipoclorito de sodio (NaClO) al 2.5% ya que a pesar de que se han probado diversas soluciones, el hipoclorito de sodio ha demostrado ser el irrigante ideal frente a muchas otras gracias a que tiene tres mecanismos de acción: lisis proteica, saponificación y bacteriólisis.

Aún existe controversia respecto a cuál es la concentración ideal, se ha comprobado que al 2.5% es ideal al utilizar técnicas de irrigación convencional, esto debido a que al disminuir su concentración presenta una adecuada capacidad de desinfección y disminuye la capacidad de daño a tejidos periapicales pero necesita mayor tiempo de trabajo dentro del conducto, por el contrario al aumentar la concentración aumenta su capacidad desinfectante y disminuye el tiempo de trabajo pero su potencial daño a tejidos periapicales aumenta considerablemente (35).

### *Enterococcus faecalis*

En cuanto al microorganismo infectante, se eligió *Enterococcus faecalis*, es una bacteria de forma esférica u ovoide, Gram positiva, anaerobia facultativa, se agrupa en pares o cadenas cortas en medios líquidos y presenta alta resistencia a agentes microbianos.

Tiene la capacidad de formar un biofilm dentro del conducto cuya matriz solo permite a la solución desinfectante actuar en la parte más superficial de ella, es capaz de colonizar los túbulos dentinales debido a su capacidad de unión al colágeno y resiste un pH alcalino de hasta 11 contrario a la mayoría de las bacterias dentro del conducto, esto lo lleva a cabo gracias a una reacción de estrés al ser expuesto a pH alcalino sintetizando una gran cantidad de proteínas que le brindan protección. Gracias a sus diversos mecanismos de protección es una de las bacterias presentes con mayor frecuencia en casos de fracaso endodóntico y por estas razones fue la bacteria elegida para el experimento.

## CONTROL NEGATIVO

Los grupos de control negativo tuvieron el mismo tratamiento que los grupos experimentales, la única variante fue la solución irrigante la cual fue agua destilada estéril ya que no tiene capacidad de desinfección y cuyo único objetivo era comprobar que existió crecimiento bacteriano al contaminar los dientes.

## RESULTADOS

Al analizar los resultados se observó lo siguiente:

- Irrigación positiva y negativa: se encontró que Endo Eze logra una mayor disminución de colonias respecto a su mediana pero con valores muy similares a los de Max I Probe mientras que EndoVac logra la menor disminución de colonias de los 3 sistemas. Sin embargo Endo Eze logra la mayor profundidad de irrigación, seguido de EndoVac y finalmente Max I Probe, por lo que la relación entre la profundidad de irrigación y la disminución de colonias solo está presente en Endo Eze.

Al tomar en cuenta el mecanismo por el cual cada sistema de irrigación dispensa el irrigante se entiende que Endo Eze dispensa el irrigante de manera lateral y longitudinal, logrando una irrigación de aproximadamente 1-3mm más allá de la

punta de la aguja por lo que no es necesario que alcance la totalidad del conducto para desinfectarlo correctamente (Ilustración 5). Max I Probe dispensa el irrigante de manera lateral 1mm más allá de la punta de la aguja por lo que necesita llegar a una mayor profundidad dentro del conducto y actúa principalmente sobre la pared a la que va dirigida (Ilustración 5). EndoVac funciona formando un flujo continuo del irrigante, por lo que necesita alcanzar la totalidad del conducto, sin embargo, es el único sistema que no corresponde con lo demostrado en las gráficas (Gráfica 3 y 4).

En un estudio de 2013 se comparó la eficacia de EndoVac, EndoActivator e irrigación ultrasónica pasiva en la eliminación de detritus dentinario mediante microscopía electrónica de barrido y los resultados demostraron que EndoVac logró una mayor eliminación a 1 mm del ápice, sin embargo la concentración de NaClO fue de 5.25% a una temperatura de 37°C con irrigación final de EDTA al 17%, demostrando que es necesario aumentar tanto la concentración como la temperatura del hipoclorito de sodio para lograr una correcta desinfección con este sistema (46).

Un estudio con un modelo similar al presente comparó EndoVac con irrigación por aguja convencional de salida lateral en la eliminación de *Enterococcus faecalis*, después de la preparación biomecánica se cortaron los últimos 5 mm de la raíz, se congelaron y pulverizaron para realizar el conteo de UFC. Los resultados mostraron una disminución de colonias en ambos grupos, sin diferencias significativas entre los dos. Sin embargo, en este estudio la irrigación también se realizó mediante NaClO al 5.25% y EDTA al 15% (47). A partir de estos resultados podemos afirmar que la acción del sistema EndoVac depende de una mayor concentración de NaClO ya que además éste sistema disminuye la extrusión del irrigante a tejido periapical, asegurando que aun aumentando la concentración a un nivel más tóxico no representa riesgo para el paciente. Adicionalmente en la mayoría de los estudios se ha probado EndoVac en conductos conformados a partir de un calibre 35 (48), si tomamos en cuenta que en este experimento se llegó a un calibre 30 podemos afirmar que es otro factor determinante para su correcto funcionamiento.

- Profundidad de irrigación alcanzada por lima: Se realizó la preparación biomecánica del conducto con cada lima de trabajo del respectivo sistema (X1, X2, X3) y después de la irrigación se tomó una muestra con una lima Hedströen calibre 30, obteniendo así 3 muestras por cada diente tratado endodónticamente. En la primera profundidad de irrigación (lima X1) que abarcó entre 15-18.5 mm hubo una disminución considerable de colonias, en la segunda profundidad (X2) de entre 17-21 mm hubo un aumento en el número de colonias y en la última profundidad (X3) de entre 18.5-21.5 mm disminuye nuevamente y de manera considerable, incluso llegando a la eliminación total de UFC en algunos grupos.

Los resultados obtenidos nos muestran un comportamiento diferente a lo esperado, pero no se encontraron investigaciones que analicen este comportamiento, por lo que se recomienda seguir la investigación respecto a este tema.

Tomando en cuenta que *Enterococcus faecalis* produce una respuesta de estrés al ser expuesta a hipoclorito de sodio sintetizando proteínas que le producen protección (3) el comportamiento en cada lima se puede explicar de la siguiente manera: al preparar el conducto con la lima X1, las bacterias tienen la primera exposición a NaClO activando este mecanismo de defensa y gracias a que la acción del sistema rotatorio proyecta el detritus dentinario al interior de los túbulos dentinarios se vuelve más difícil la eliminación de las bacterias provocando que exista un aumento en la lima X2, finalmente al preparar con la lima X3 la exposición de las bacterias a NaClO es mayor y por lo tanto dificulta su supervivencia, causando una disminución de UFC.

En los grupos experimentales irrigados con NaClO al 2.5% la tendencia mostró una disminución de colonias de la lima X2 a la lima X3, incluso logrando una disminución total en algunos grupos. Mientras que en los grupos control irrigados con agua destilada estéril el comportamiento es inverso, el número de colonias aumentó de la lima X2 a la X3. Estos resultados nos demuestran la gran importancia que tiene el hipoclorito de sodio para desinfectar el conducto, en especial en los últimos 3 mm que es donde la anatomía radicular no permite que la acción mecánica del sistema

rotatorio y la presión del sistema de irrigación logren una desinfección eficaz sin auxiliarse de la acción química de la solución irrigante.

- Profundidad de irrigación alcanzada por la lima final (X3): No se demostró relación proporcional entre la profundidad de irrigación alcanzada y la disminución de UFC.

En 2017 se realizó un estudio acerca de la relación entre la profundidad de irrigación y la eliminación de debris dentinario, en raíces mesiales de molares mandibulares se evaluó mediante micro tomografía computarizada la cantidad de tejido previo a la preparación biomecánica posteriormente se realizó la preparación con limas rotatorias, en un grupo la irrigación se realizó a 1mm de la longitud de trabajo mientras que en el otro grupo se realizó a 5mm y se realizó nuevamente el análisis mediante micro tomografía. Los resultados demostraron que los conductos irrigados a 1 mm demostraron una disminución significativamente mayor a los conductos irrigados a 5 mm lo que nos demuestra que sí existe relación entre la profundidad de irrigación y la eliminación de debris dentinario (49).

A pesar de que en esta investigación no se demostró relación entre la profundidad de irrigación y el número de colonias, todas las técnicas alcanzaron una profundidad de entre 3-0 mm en la lima X3 y debido a que cada técnica presenta características diferentes en la forma de dispensar el irrigante, con base en los resultados obtenidos se entiende que la disminución de UFC esté asociada en mayor medida a la forma de dispensar el irrigante que a la profundidad de irrigación como fue demostrado en una simulación computarizada de 2010 (50), en la cual se observó que las agujas de extremo abierto logran desinfectar hasta 3mm más allá de su punta activa debido a que no presenta barreras al expulsar el irrigante, logrando una mayor velocidad de flujo y recambio de irrigante aplicando su esfuerzo cortante hacia el ápice, mientras que las agujas de extremo cerrado con salida lateral solo actúan 1mm apical de su punta activa debido a la formación de vórtices que produce la dirección a la que es expulsado, disminuyendo así la velocidad de flujo y recambio de irrigante pero aplicando esfuerzo cortante directo a las paredes del conducto, por lo que es necesario que alcancen la totalidad del conducto (Ilustración 4 y 5).

- Sistema de limas y sistema de irrigación: Al relacionar ambas variables se demostró que IRace con Max I Probe logran la mayor disminución de colonias y la mayor profundidad de irrigación, seguido de IRace con Endo Eze que también muestra una relación entre ambas variables, siendo los únicos 2 grupos de 6 en total que presentan este comportamiento, por lo que puede afirmarse que no existe relación entre la profundidad de irrigación y la disminución de UFC.

Al analizar los resultados de la 3ra lima de trabajo se observa que IRace con Max I Probe lograron una disminución de colonias a 0, IRace con Endo Eze lograron una disminución de colonias muy cercana a 0, mientras que ProTaper Next con Endo Eze logró la mayor disminución de colonias pero solo llegó a 0 en algunas muestras y ProTaper Next con Max I Probe también logró una disminución a 0 en algunas muestras pero su valor máximo fue más alto. Respecto a EndoVac, logró una mejor desinfección al utilizarse con ProTaper Next que con IRace pero en ninguno de los dos grupos logró una disminución cercana a 0 (Gráfica 8).

Adicionalmente, IRace con Max I Probe logró la mayor profundidad de irrigación, seguido de IRace con Endo Eze tanto en los grupos experimentales como en los grupos control, demostrando que en estos dos grupos sí existió relación proporcional entre la profundidad y la disminución de colonias, sin embargo, fueron los únicos dos grupos en los que se mostró este comportamiento.

De acuerdo a investigaciones anteriores (30) se entiende que es necesario tomar en cuenta el diámetro de la preparación así como la conicidad respecto a la preparación mecánica y el diseño de cada aguja respecto a la irrigación ya que influye tanto en la dirección a la que es dispensado el irrigante como en la velocidad de flujo, recambio de irrigante y la zona a la que es aplicado el esfuerzo cortante por lo que es complicado comparar diferentes modelos de agujas y diferentes sistemas rotatorios. Actualmente no existen investigaciones similares que relacionen ambas variables por lo que se exhorta a tomar en cuenta el presente tema como objeto de investigación.

## CONCLUSIONES

- Las 2 técnicas por presión positiva lograron una mayor disminución de UFC respecto a la técnica por presión negativa utilizando NaClO al 2.5%.
- La disminución de UFC tuvo mayor relación al mecanismo por el cual era dispensado el irrigante de acuerdo al diseño de la aguja que a la profundidad.
- Existió un incremento de colonias de la lima 1 a la 2 y una disminución de la lima 2 a la 3 mientras que la profundidad aumentó constantemente de la lima 1 a la 3.
- Al asociar las limas con los sistemas de irrigación se observó que IRace con Max I Probe lograron la mayor disminución de UFC, siendo la combinación más efectiva para la limpieza y conformación del conducto.

## APÉNDICES

### APÉNDICE 1: MUESTRAS.

#### Identificación de muestras

Las muestras fueron identificadas mediante un código conformado por dos letras seguidas de dos números.

1. La primera letra corresponde a el sistema rotatorio utilizado (P: ProTaper Next, I: IRace).
2. La segunda letra corresponde al método de irrigación utilizado (a: Endo Eze, b: Max I Probe, c: EndoVac).
3. El siguiente número corresponde al diente correspondiente, siendo tres por cada grupo (1,2,3)
4. El último número corresponde a la lima utilizada, siendo tres por cada sistema (X1,X2,X3).

Ejemplo: Ia1X3

I: Sistema rotatorio (IRace)

a: Método de irrigación (Endo Eze)

1: Diente

X3: Lima



ILUSTRACIÓN18:  
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

## Recolección de muestras

Se tomó una muestra del conducto con una lima ISO 30 tipo Hedström de la marca Dentsply® raspando superficialmente las paredes del conducto radicular.

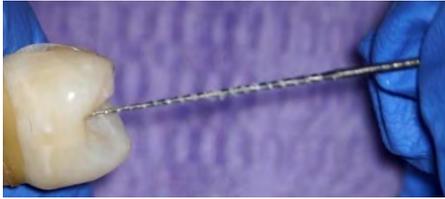


ILUSTRACIÓN 19: TOMA DE MUESTRA

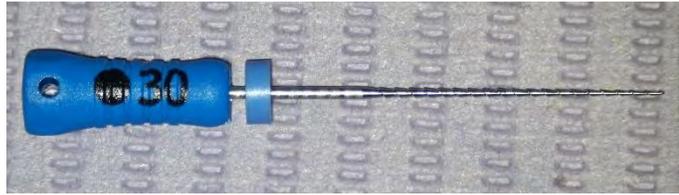


ILUSTRACIÓN 20: LIMA ISO 30 TIPO HEDSTRÖEN

El detritus dentinario obtenido fue colocado en un tubo de ensayo con caldo de cultivo Müller-Hinton estéril y fue incubado a 36° por 24 horas.



ILUSTRACIÓN 21:  
CALDO MÜELLER-  
HINTON

## APÉNDICE 2: CALDO MÜELLER-HINTON.

Es un medio de uso general que puede utilizarse en el cultivo de una amplia variedad de microorganismos exigentes y no exigentes. La infusión de carne y la peptona de caseína ácida (H) proporcionan nitrógeno, vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales para el crecimiento. El almidón en el medio actúa como un factor de crecimiento, probablemente funciona como un protector coloidal, y neutraliza los productos tóxicos que se forman durante el desarrollo de los organismos.

### Formula (en gramos por litro).

- Infusión de carne ————— 3.0
- Peptona ácida de caseína ————— 17.5
- Almidón ————— 1.5

pH final: 7.3 + 0.1

### Preparación

Se suspendieron 21 g de polvo en 1 litro de agua destilada. Calentando con agitación frecuente se llevó a ebullición total hasta disolver por completo. Se distribuyó en recipientes apropiados (tubos con 10 ml c/u), y finalmente se esterilizó en autoclave a 121°C durante 15 min.



ILUSTRACIÓN 22: PREPARACIÓN DE CALDO MÜELLER-HINTON

### APÉNDICE 3: AGAR MÜELLER-HINTON.

Medio de cultivo no selectivo que promueve el desarrollo microbiano, se recomienda para cultivar patógenos bacterianos aerobios o anaerobios facultativos y especies como *H. influenzae*, *N. gonorrhoeae* o *S. pneumoniae*, cuando se agrega sangre de oveja desfibrinada.

La infusión de carne res y la peptona ácida de caseína (H) proporcionan nitrógeno, vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales para el crecimiento. El almidón absorbe cualquier metabolito tóxico producido. El agar bacteriológico es el agente solidificante.

#### Fórmula (en gramos por litro).

- Infusión de carne \_\_\_\_\_ 300.0
- Peptona ácida de caseína \_\_\_\_\_ 17.5
- Almidón \_\_\_\_\_ 1.5
- Agar \_\_\_\_\_ 15.0

pH final: 7.3 + 0.1

#### Preparación

Se suspendieron 38 g de polvo en 1 L de agua destilada. Calentando con agitación frecuente se llevó a ebullición total hasta disolver por completo, se esterilizó en autoclave a 121°C durante 15 min. Finalmente se dejó enfriar a 45° - 50°C y en un ambiente estéril (campana de flujo laminar) fue distribuido en cajas Petri estériles con 3 divisiones.

#### APÉNDICE 4: TÉCNICA DE SIEMBRA POR EXTENSIÓN.

Se realizó el cultivo de cada una de las muestras, de manera que por cada diente se sembraron 3 muestras en 3 cajas Petri, correspondientes a la muestra obtenida de cada una de las limas (X1, X2 y X3).

El procedimiento de siembra fue realizado en una campana de flujo laminar, esto para evitar la contaminación del Agar al momento del cultivo.

1. Primero se etiquetaron las cajas Petri. Debido a que se utilizaron cajas con 3 divisiones, se etiquetó la primera división con el código de la muestra correspondiente, la segunda división se etiquetó con el número 1 y la tercera división se etiquetó con el número 2.



ILUSTRACIÓN 23:  
IDENTIFICACIÓN DE  
CAJAS PETRI

2. Se realizó una extensión del inóculo sobre la superficie del agar mediante asas de vidrio que previamente se sumergieron en alcohol de 96° y se flamearon en la llama de un mechero Bunsen, de manera que cuando se consume el alcohol, el fuego se apaga por sí mismo.



ILUSTRACIÓN 24: ASA  
DE VIDRIO

3. Mediante una micro pipeta se tomaron 50  $\mu$ L de la muestra, se colocaron en la división marcada con el código de la muestra y se extendió uniformemente sobre la superficie del agar con un asa de vidrio estéril.
4. Se tomaron otros 50  $\mu$ L que se colocaron en un frasco vial con 5 mL de cloruro de sodio al 0.9% estéril, de esta dilución se tomaron 50  $\mu$ L y se colocaron en la división marcada con el número 1 extendiendo uniformemente sobre la superficie del agar con un asa de vidrio estéril, realizando así una dilución 1:100 del cultivo.
5. Finalmente de la dilución 1:100 se tomaron otros 50  $\mu$ L que se colocaron en un frasco vial con 5 mL de cloruro de sodio al 0.9% estéril, de esta dilución se tomaron 50  $\mu$ L y se colocaron en la división marcada con el número 2 extendiendo uniformemente sobre la superficie del agar con un asa de vidrio estéril, realizando así una dilución 1:10000 del cultivo.
6. Las cajas se incubaron por 24 horas a 36°C y posteriormente se realizó la cuenta manualmente del número de colonias.

## APÉNDICE 5: CONTEO DE UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS.

Se realizó de manera manual el conteo del número de colonias pasado el periodo de incubación de 24 horas a 36°. Se seleccionó la división de cada caja Petri de manera que fuera posible identificar claramente las colonias.

Ejemplo: En la presente caja se seleccionó la división número 2 ya que es posible observar de forma clara cada colonia.

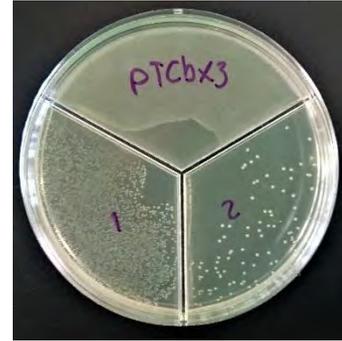


ILUSTRACIÓN 25: CONTEO DE UFC

Debido a que se realizó una dilución por cada división fue necesario realizar conversiones para cada una, de manera que:

1. Al seleccionar la división con el código de muestra fue necesario multiplicar el conteo por 20.
2. Al seleccionar la división con el número 1 fue necesario multiplicar el conteo por 2000.
3. Al seleccionar la división con el número 2 fue necesario multiplicar el conteo por 200000.

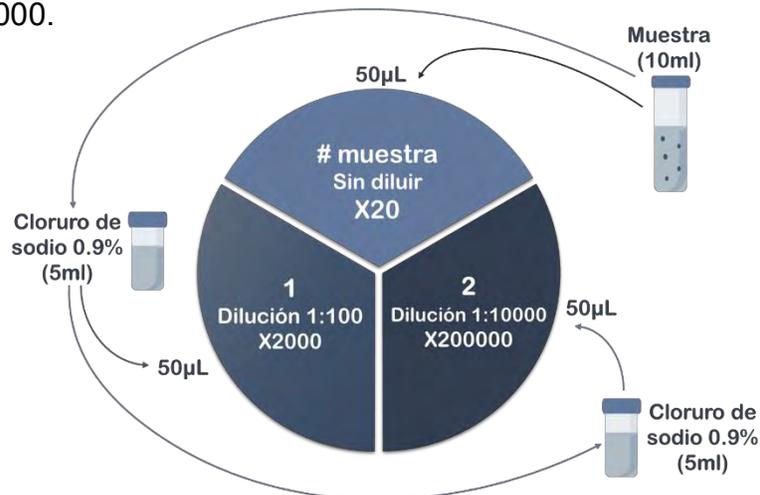


ILUSTRACIÓN 26: DIAGRAMA DE DILUCIÓN DE LAS MUESTRAS

## APÉNDICE 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### Tabla de análisis estadístico (Profundidad de penetración del irrigante)

#### Descriptive Statistics: Colonias, Profundidad

Variable	Sistema. Lima	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1
Colonias	Control IRace	9	0	150466667	30131379	109800000	120900000
	Control ProTaper Next	9	0	180466667	89908342	80400000	115200000
	IRace	27	0	96503704	85340392	0	20
	ProTaper Next	27	0	89168759	74066030	0	2800000
Profundidad	Control IRace	9	0	16.833	2.222	14.000	15.000
	Control ProTaper Next	9	0	16.389	2.302	12.000	15.000
	IRace	27	0	19.481	2.570	15.000	17.500
	ProTaper Next	27	0	18.537	2.526	14.000	17.000
Variable	Sistema. Lima	Median	Q3	Maximum			
Colonias	Control IRace	152400000	180300000	194400000			
	Control ProTaper Next	133200000	295200000	298800000			
	IRace	117600000	172200000	234600000			
	ProTaper Next	90600000	136800000	298800000			
Profundidad	Control IRace	16.000	19.250	20.000			
	Control ProTaper Next	17.000	18.250	19.500			
	IRace	19.500	21.500	23.500			
	ProTaper Next	18.500	21.000	23.500			

#### Descriptive Statistics: Colonias, Profundidad

Variable	Irrigación	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median
Colonias	Endo Eze	24	0	94031505	88466307	0	3900000	72900000
	EndoVac	24	0	153075000	56056581	88800000	112650000	138600000
	Max I Probe	24	0	85875017	84205710	0	5	92700000
Profundidad	Endo Eze	24	0	17.708	2.382	14.000	16.125	17.500
	EndoVac	24	0	18.208	3.134	12.000	15.125	18.000
	Max I Probe	24	0	19.313	2.298	15.000	17.500	19.500
Variable	Irrigación	Q3	Maximum					
Colonias	Endo Eze	164850000	298800000					
	EndoVac	181050000	298800000					
	Max I Probe	139050000	298800000					
Profundidad	Endo Eze	19.000	23.000					
	EndoVac	20.375	23.500					
	Max I Probe	21.000	23.500					

#### Descriptive Statistics: Colonias, Profundidad

Variable	Lima	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3
Colonias	X1	24	0	98716683	71012428	0	22400000	113700000	143100000
	X2	24	0	137381505	83139368	0	93600000	141900000	195000000
	X3	24	0	96883333	88425767	0	3900000	93900000	151500000
Profundidad	X1	24	0	16.542	2.476	12.000	15.000	15.750	18.375
	X2	24	0	18.854	2.347	15.000	17.000	18.000	20.875
	X3	24	0	19.833	2.140	16.000	18.500	19.500	21.375
Variable	Lima	Maximum							
Colonias	X1	234600000							
	X2	298800000							
	X3	298800000							
Profundidad	X1	21.500							
	X2	23.000							
	X3	23.500							

## Tabla de análisis estadístico (Sistemas Rotatorios)

### Descriptive Statistics: Colonias, Profundidad

#### Results for Sistema. Lima = Control IRace, Irrigación = Endo Eze

Variable	Lima	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Colonias	X1	1	0	152400000	*	152400000	*	152400000	*	152400000
	X2	1	0	122400000	*	122400000	*	122400000	*	122400000
	X3	1	0	155400000	*	155400000	*	155400000	*	155400000
Profundidad	X1	1	0	14.000	*	14.000	*	14.000	*	14.000
	X2	1	0	15.000	*	15.000	*	15.000	*	15.000
	X3	1	0	16.000	*	16.000	*	16.000	*	16.000

#### Results for Sistema. Lima = Control IRace, Irrigación = EndoVac

Variable	Lima	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Colonias	X1	1	0	181800000	*	181800000	*	181800000	*	181800000
	X2	1	0	178800000	*	178800000	*	178800000	*	178800000
	X3	1	0	194400000	*	194400000	*	194400000	*	194400000
Profundidad	X1	1	0	15.000	*	15.000	*	15.000	*	15.000
	X2	1	0	19.000	*	19.000	*	19.000	*	19.000
	X3	1	0	20.000	*	20.000	*	20.000	*	20.000

#### Results for Sistema. Lima = Control IRace, Irrigación = Max I Probe

Variable	Lima	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Colonias	X1	1	0	119400000	*	119400000	*	119400000	*	119400000
	X2	1	0	109800000	*	109800000	*	109800000	*	109800000
	X3	1	0	139800000	*	139800000	*	139800000	*	139800000
Profundidad	X1	1	0	15.500	*	15.500	*	15.500	*	15.500
	X2	1	0	17.500	*	17.500	*	17.500	*	17.500
	X3	1	0	19.500	*	19.500	*	19.500	*	19.500

#### Results for Sistema. Lima = Control ProTaper Next, Irrigación = Endo Eze

Variable	Lima	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Colonias	X1	1	0	133200000	*	133200000	*	133200000	*	133200000
	X2	1	0	168000000	*	168000000	*	168000000	*	168000000
	X3	1	0	298800000	*	298800000	*	298800000	*	298800000
Profundidad	X1	1	0	15.000	*	15.000	*	15.000	*	15.000
	X2	1	0	17.000	*	17.000	*	17.000	*	17.000
	X3	1	0	19.000	*	19.000	*	19.000	*	19.000

#### Results for Sistema. Lima = Control ProTaper Next, Irrigación = EndoVac

Variable	Lima	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Colonias	X1	1	0	108600000	*	108600000	*	108600000	*	108600000
	X2	1	0	121800000	*	121800000	*	121800000	*	121800000
	X3	1	0	291600000	*	291600000	*	291600000	*	291600000
Profundidad	X1	1	0	12.000	*	12.000	*	12.000	*	12.000
	X2	1	0	15.500	*	15.500	*	15.500	*	15.500
	X3	1	0	17.000	*	17.000	*	17.000	*	17.000

#### Results for Sistema. Lima = Control ProTaper Next, Irrigación = Max I Probe

Variable	Lima	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Colonias	X1	1	0	80400000	*	80400000	*	80400000	*	80400000

	X2	1	0	298800000	*	298800000	*	298800000	*	298800000
	X3	1	0	123000000	*	123000000	*	123000000	*	123000000
Profundidad	X1	1	0	15.000	*	15.000	*	15.000	*	15.000
	X2	1	0	17.500	*	17.500	*	17.500	*	17.500
	X3	1	0	19.500	*	19.500	*	19.500	*	19.500

**Results for Sistema. Lima = IRace, Irrigación = Endo Eze**

Variable	Lima	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3
Colonias	X1	3	0	182200000	50518907	133800000	133800000	178200000	234600000
	X2	3	0	125800000	110188384	0	0	172200000	205200000
	X3	3	0	4866667	1514376	3800000	3800000	4200000	6600000

Profundidad	X1	3	0	19.00	2.50	16.50	16.50	19.00	21.50
	X2	3	0	19.67	2.25	17.50	17.50	19.50	22.00
	X3	3	0	20.50	2.29	18.50	18.50	20.00	23.00

Variable	Lima	Maximum
Colonias	X1	234600000
	X2	205200000
	X3	6600000

Profundidad	X1	21.50
	X2	22.00
	X3	23.00

**Results for Sistema. Lima = IRace, Irrigación = EndoVac**

Variable	Lima	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3
Colonias	X1	3	0	122600000	18680471	105000000	105000000	120600000	142200000
	X2	3	0	178000000	52393893	117600000	117600000	205200000	211200000
	X3	3	0	151800000	14598630	135000000	135000000	159000000	161400000

Profundidad	X1	3	0	16.00	1.73	15.00	15.00	15.00	18.00
	X2	3	0	20.50	2.50	18.00	18.00	20.50	23.00
	X3	3	0	20.83	2.52	18.50	18.50	20.50	23.50

Variable	Lima	Maximum
Colonias	X1	142200000
	X2	211200000
	X3	161400000

Profundidad	X1	18.00
	X2	23.00
	X3	23.50

**Results for Sistema. Lima = IRace, Irrigación = Max I Probe**

Variable	Lima	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3
Colonias	X1	3	0	7066673	12239820	0	0	20	21200000
	X2	3	0	96200000	100439235	0	0	88200000	200400000
	X3	3	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Profundidad	X1	3	0	18.00	2.65	16.00	16.00	17.00	21.00
	X2	3	0	19.83	2.75	17.00	17.00	20.00	22.50
	X3	3	0	21.00	2.78	18.00	18.00	21.50	23.50

Variable	Lima	Maximum
Colonias	X1	21200000
	X2	200400000
	X3	0.000000

Profundidad	X1	21.00
	X2	22.50
	X3	23.50

**Results for Sistema. Lima = ProTaper Next, Irrigación = Endo Eze**

Variable	Lima	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Colonias	X1	3	0	29466667	31344112	0	0	26000000	62400000	62400000
	X2	3	0	24852040	42909863	120	120	156000	74400000	74400000
	X3	3	0	41666667	37165755	0	0	53600000	71400000	71400000
Profundidad	X1	3	0	15.50	1.73	14.50	14.50	14.50	17.50	17.50
	X2	3	0	17.167	0.764	16.500	16.500	17.000	18.000	18.000
	X3	3	0	17.833	0.764	17.000	17.000	18.000	18.500	18.500

**Results for Sistema. Lima = ProTaper Next, Irrigación = EndoVac**

Variable	Lima	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3
Colonias	X1	3	0	120400000	22243201	99000000	99000000	118800000	143400000
	X2	3	0	196000000	89832511	132600000	132600000	156600000	298800000
	X3	3	0	96800000	12330450	88800000	88800000	90600000	111000000
Profundidad	X1	3	0	15.67	2.08	14.00	14.00	15.00	18.00
	X2	3	0	19.33	3.21	17.00	17.00	18.00	23.00
	X3	3	0	20.50	2.65	18.50	18.50	19.50	23.50

Variable	Lima	Maximum
Colonias	X1	143400000
	X2	298800000
	X3	111000000

Profundidad	X1	18.00
	X2	23.00
	X3	23.50

**Results for Sistema. Lima = ProTaper Next, Irrigación = Max I Probe**

Variable	Lima	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3
Colonias	X1	3	0	69400127	120204216	0	0	380	208200000
	X2	3	0	145000000	13420879	129600000	129600000	151200000	154200000
	X3	3	0	78933333	68842235	2800000	2800000	97200000	136800000
Profundidad	X1	3	0	19.333	1.443	18.500	18.500	18.500	21.000
	X2	3	0	20.500	1.323	19.000	19.000	21.000	21.500
	X3	3	0	21.000	1.000	20.000	20.000	21.000	22.000

Variable	Lima	Maximum
Colonias	X1	208200000
	X2	154200000
	X3	136800000

Profundidad	X1	21.000
	X2	21.500
	X3	22.000

## Tabla de análisis estadístico (Lima 3)

### Descriptive Statistics: Dif.Lima3-Prof.Tot del diente, Colonias

Variable	Sistema. Lima	N	N*	Mean	StDev	Minimum
Dif.Lima3-Prof.Tot del d	Control IRace	3	0	1.167	0.764	0.500
	Control ProTaper Next	3	0	0.833	0.289	0.500
	IRace	9	0	1.278	1.034	0.000
	ProTaper Next	9	0	0.889	0.651	0.000
Colonias	Control IRace	3	0	163200000	28123300	139800000
	Control ProTaper Next	3	0	237800000	99484873	123000000
	IRace	9	0	52222222	75072594	0
	ProTaper Next	9	0	72466667	46493118	0
Variable	Sistema. Lima	Q1	Median	Q3	Maximum	
Dif.Lima3-Prof.Tot del d	Control IRace	0.500	1.000	2.000	2.000	
	Control ProTaper Next	0.500	1.000	1.000	1.000	
	IRace	0.500	1.000	2.250	3.000	
	ProTaper Next	0.500	0.500	1.500	2.000	
Colonias	Control IRace	139800000	155400000	194400000	194400000	
	Control ProTaper Next	123000000	291600000	298800000	298800000	
	IRace	0	4200000	147000000	161400000	
	ProTaper Next	28200000	88800000	104100000	136800000	

### Descriptive Statistics: Dif.Lima3-Prof.Tot del diente, Colonias

Variable	Irrigación	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1
Dif.Lima3-Prof.Tot del d	Endo Eze	8	0	1.750	0.845	0.500	1.000
	EndoVac	8	0	1.063	0.417	0.500	0.625
	Max I Probe	8	0	0.3750	0.2315	0.0000	0.1250
	Colonias	Endo Eze	8	0	74225000	105154550	0
	EndoVac	8	0	153975000	66682912	88800000	95700000
	Max I Probe	8	0	62450000	67234069	0	0
Variable	Irrigación	Median	Q3	Maximum			
Dif.Lima3-Prof.Tot del d	Endo Eze	2.000	2.375	3.000			
	EndoVac	1.000	1.500	1.500			
	Max I Probe	0.5000	0.5000	0.5000			
	Colonias	Endo Eze	30100000	134400000	298800000		
	EndoVac	147000000	186150000	291600000			
	Max I Probe	50000000	133350000	139800000			

### Descriptive Statistics: Dif.Lima3-Prof.Tot del diente, Colonias

#### Results for Sistema. Lima = Control IRace

Variable	Irrigación	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3
Dif.Lima3-Prof.Tot del d	Endo Eze	1	0	2.0000	*	2.0000	*	2.0000	*
	EndoVac	1	0	1.0000	*	1.0000	*	1.0000	*
	Max I Probe	1	0	0.50000	*	0.50000	*	0.50000	*
Colonias	Endo Eze	1	0	155400000	*	155400000	*	155400000	*
	EndoVac	1	0	194400000	*	194400000	*	194400000	*
	Max I Probe	1	0	139800000	*	139800000	*	139800000	*
Variable	Irrigación	Maximum							
Dif.Lima3-Prof.Tot del d	Endo Eze	2.0000							
	EndoVac	1.0000							
	Max I Probe	0.50000							
Colonias	Endo Eze	155400000							
	EndoVac	194400000							
	Max I Probe	139800000							

**Results for Sistema. Lima = Control ProTaper Next**

Variable	Irrigación	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3
Dif.Lima3-Prof.Tot del d	Endo Eze	1	0	1.0000	*	1.0000	*	1.0000	*
	EndoVac	1	0	1.0000	*	1.0000	*	1.0000	*
	Max I Probe	1	0	0.50000	*	0.50000	*	0.50000	*
Colonias	Endo Eze	1	0	298800000	*	298800000	*	298800000	*
	EndoVac	1	0	291600000	*	291600000	*	291600000	*
	Max I Probe	1	0	123000000	*	123000000	*	123000000	*
Variable	Irrigación	Maximum							
Dif.Lima3-Prof.Tot del d	Endo Eze			1.0000					
	EndoVac			1.0000					
	Max I Probe			0.50000					
Colonias	Endo Eze			298800000					
	EndoVac			291600000					
	Max I Probe			123000000					

**Results for Sistema. Lima = IRace**

Variable	Irrigación	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1
Dif.Lima3-Prof.Tot del d	Endo Eze	3	0	2.500	0.500	2.000	2.000
	EndoVac	3	0	1.000	0.500	0.500	0.500
	Max I Probe	3	0	0.333	0.289	0.000	0.000
Colonias	Endo Eze	3	0	4866667	1514376	3800000	3800000
	EndoVac	3	0	151800000	14598630	135000000	135000000
	Max I Probe	3	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Variable	Irrigación	Median		Q3	Maximum		
Dif.Lima3-Prof.Tot del d	Endo Eze			2.500	3.000	3.000	
	EndoVac			1.000	1.500	1.500	
	Max I Probe			0.500	0.500	0.500	
Colonias	Endo Eze			4200000	6600000	6600000	
	EndoVac			159000000	161400000	161400000	
	Max I Probe			0.000000	0.000000	0.000000	

**Results for Sistema. Lima = ProTaper Next**

Variable	Irrigación	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Q1
Dif.Lima3-Prof.Tot del d	Endo Eze	3	0	1.167	0.764	0.500	0.500
	EndoVac	3	0	1.167	0.577	0.500	0.500
	Max I Probe	3	0	0.333	0.289	0.000	0.000
Colonias	Endo Eze	3	0	4166667	37165755	0	0
	EndoVac	3	0	96800000	12330450	88800000	88800000
	Max I Probe	3	0	78933333	68842235	2800000	2800000
Variable	Irrigación	Median		Q3	Maximum		
Dif.Lima3-Prof.Tot del d	Endo Eze			1.000	2.000	2.000	
	EndoVac			1.500	1.500	1.500	
	Max I Probe			0.500	0.500	0.500	
Colonias	Endo Eze			53600000	71400000	71400000	
	EndoVac			90600000	111000000	111000000	
	Max I Probe			97200000	136800000	136800000	

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Cohen S, Hargreaves KM. (2008) Vías de la pulpa. 9ª ed. Madrid: Elsevier Mosby.
- (2) Langeland K. (1987) Tissue response to dental caries. Endod Dent Traumatol; vol. 3:149 –71.
- (3) Sundqvist G. (1976) Bacteriological studies of necrotic dental pulps. Umeå: Umeå University.
- (4) Canalda CS, Brau EA. (2014) Endodoncia: técnicas clínicas y bases científicas. 3ª ed. Barcelona: Elsevier Masson.
- (5) Zavistoski J, Dzink J, Onderdonk A, Barlett J. (1980) Quantitive bacteriology of endodontic infections. Oral Surg; vol. 49:171-9.
- (6) Niklitschek CR, Oporto GH. (2015) Implicaciones clínicas de la contaminación microbiana por *Enterococcus faecalis* en canales radiculares de dientes desvitalizados: Revisión de la literatura. Rev Odont Mex; vol. 19:3, 181-186.
- (7) Peciuliene V, Reynaud AH, Balciuniene I, Haapasalo M. (2001) Isolation of yeasts and enteric bacteria in root-filled teeth with chronic apical periodontitis. Int Endod J; vol. 34: 429-34.
- (8) Pardi G, Guilarte C, Cardozo EI, Briceño EN. (2009) Detección de *Enterococcus faecalis* en dientes con fracaso en el tratamiento endodóntico, Acta Odont Venezolana; vol. 41: 3.
- (9) Portenier I TM, Waltimo M, Haapasalo MP. (2003) Enterococcus faecalis- the root canal survivor and "star" in post-treatment disease. Endod Top; vol. 6:135-59.
- (10) Pinheiro ET, Gomes BP, Ferraz CC, Sousa EL, Teixeira FB, Souza-Filho FJ.(2003) Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. Int Endod J; vol. 36:1–11.

- (11) Sassone L, Fidel R, Figueiredo L, Fidel S, Favari M, Feres M. (2007) Evaluation of the microbiota of primary endodontic infections using checkerboard DNA–DNA hybridization. *Oral Microbiol Immunol*; vol. 22: 390–397.
- (12) Costerton JW, Stewart PS, Greenberg EP. (1999) Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections. *Science*; vol. 284:13,18–22.
- (13) Evans M, Davies JK, Sundqvist G, Figdor D. (2002) Mechanisms involved in the resistance of *Enterococcus faecalis* to calcium hydroxide. *Int Endod J*; vol. 35 (3): 221-228.
- (14) Nakajo K, Komori R, Ishikawa S, Ueno T, Suzuki Y, Iwami Y et al. (2006) Resistance to acidic and alkaline environments in the endodontic pathogen *Enterococcus faecalis*. *Oral Microbiol Immunol*; vol. 21 (5): 283-288.
- (15) Weckwerth PH, Zapata RO, Vivan RR, Tanomaru Filho M, Maliza AG, Duarte MA. (2013) In vitro alkaline pH resistance of *Enterococcus faecalis*. *Braz Dent J*; vol. 24 (5): 474-476.
- (16) Siqueira JF. (2001) Aetiology of root canal treatment failure: why welltreated teeth can fail (Literature review). *Int Endod J*; vol. 34: 1-10.
- (17) Glosario de términos endodónticos.
- (18) Villena HM. (2001) *Terapia Pulpar*, 1ª ed. Perú: UPCH.
- (19) Beer R, Baumann, MA, Syngcuk K. (2000) *Atlas de endodoncia*. Barcelona: Masson.
- (20) Plotino G, Özyürek T, Grande NM, Gündoğar M. (2019) Influence of size and taper of basic root canal preparation on root canal cleanliness: a scanning electron microscopy study. *Inter Endod J*.
- (21) Gallina G, Giuseppe EM, Gallo P, Pizzo M, Dangelo M. (2002) The effect of instrumentation on original apical foramen shape using steel vs niti rotatory: computerized analysis. *Materials Science, Medicine Minerva Stomatologica*.

- (22) Castro GN, Escalante WO, Scapin KV, Coaguila HL, Faria G, Carlos MK. (2016) Comparación del sistema ProTaper Universal con homólogo adulterado: estudio descriptivo. Rev. Estomato. Herediana; vol. 26 (3):184-90.
- (23) Escobar A, Henao A, Saavedra J, Serpa MF, Gutiérrez J. (2015) Univ Odontol; vol. 34(73): 37-46.
- (24) García G , Alfie D , Rodriguez P. (2017) Protaper Next: La Evolución. Rev. Fac. de Odon. UBA; vol. 32 (72).
- (25) Baumann, M.(2005). Reamer with alternating cutting edges – concept and clinical application . Endod Top; vol. 10:176–178.
- (26) Schäfer E, Vlassis M. (2004). Comparative investigation of two rotary nickeltitanium instruments: ProTaper versus RaCe. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. Int Endod J; vol. 37(4):229-38.
- (27) Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. (1997) Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. Int Endod J; vol. 30:297–306.
- (28) Peters OA, Schonenberger K, Laib A. (2001) Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. Int Endod J; vol. 34: 221–30.
- (29) Khademi A, Yazdizadeh M, Feizianfard M. (2006) Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems. J Endod; vol. 32:417–20.
- (30) Basrani B. (2015) Endodontic irrigation: Chemical disinfection of the root canal system, 1ra Ed. Canada: Springer International Publishing.
- (31) Peters OA. (2004) Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. J Endod; vol. 30:559–67.
- (32) Zehnder M. (2006) Root canal irrigants. J Endod; vol. 32:389–98.

- (33) Harrison JW. (1984) Irrigation of the root canal system. Dent Clin North Am; vol. 28:797– 808.
- (34) Estrela C, Estrela CRA, Barbin EL, Spanó JL, Marchesan MA, Pécora JD. (2002) Mechanism of action of Sodium Hypochlorite. Braz Dent J; vol. 13(2):113-117.
- (35) Spoletti P, Blotta F. (2016) Bases biológicas para la endodoncia. 1ª ed. Rosario: Pablo Spoletti.
- (36) Pérez HM, Ferrer CM, González MP. (2006) The effectiveness of different acid irrigating solutions in root canal cleaning after hand and rotary instrumentation. J Endod; vol. 32:993–7.
- (37) Berutti E. (2017) Manual de endodoncia, Italia: Amolca,
- (38) Gaspar EZ, Velásquez ZH, Evangelista AA. (2013) Evaluación de tres técnicas de irrigación de conducto radicular frente a la actividad del *Enterococcus faecalis*. Rev. Estomatol Herediana; vol. 23(2):68-75
- (39) Chow TW. (1983) Mechanical effectiveness of root canal irrigation. J Endod; vol. 9(11):475-9.
- (40) Nielsen BA, Craig Baumgartner J. (2007) Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. J Endod; vol. 33:611–5.
- (41) Paton RM, Yang S, Craig JB. (2009) Comparison of apical extrusion of NaOCl using the EndoVac or needle irrigation of root canals. J Endod; vol. 10.
- (42) Ahmed S, Ozbek M, Calt S. (2004) Accidental sodium hypochlorite-induced skin injury during endodontic treatment. J Endod; vol. 30:180-181
- (43) Castelo BP, Martin BB, Cantatore G. (2012) In vitro comparison of passive and continuous ultrasonic irrigation in simulated lateral canals of extracted teeth. J Endod; vol. 38(5):688-91.
- (44) Kurtzman G, Afrashtehfar K. (2015) Mejorando el éxito endodóntico través del uso de sistema de irrigación EndoVac, Dentista y Paciente. 52-61.

- (45) Paredes VJ, Gradilla MI, Mondaca JM. (2009) Sistema Endovac en endodoncia por medio de presión apical negativa. Rev. ADM; vol. LXV, No. 4.
- (46) Mancini M, Cerroni L, Cianconi L. (2013) Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. J Endod; vol. 07 (028).
- (47) Miller TA, Craig JB. (2010) Comparison of the antimicrobial efficacy of irrigation using the EndoVac to endodontic needle delivery. J Endod; vol:10.1016
- (48) Miller BC. (2010) Comparison of the antimicrobial efficacy of irrigation using the Endo Vac to endodontic needle delivery. J Endod; vol. 36:509-11.
- (49) Perez R, Almeida AN, et al. (2017) Impact of needle insertion depth on the removal of hard-tissue debris. Int Endod J.
- (50) Boutsoukis C, Verhaagen B, Versluis M, et al. (2010) Evaluation of Irrigant Flow in the Root Canal Using Different Needle Types by an Unsteady Computational Fluid Dynamics Model. J Endod.