

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
MAESTRÍA EN ESTOMATOLOGÍA CON OPCIÓN TERMINAL EN ENDODONCIA**

**“COMPARACIÓN DE LIMAS BLUESHAPER® VS WAVEONE GOLD® EN LA  
CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE BACTERIAS Y EXTRUSIÓN DE DEBRIS”**

**PRESENTAN:**

**C.D. ROXANA JOSÉ ORGAZ**

**ID: 222450002**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**D.I.D. ESTHER VAILLARD JIMÉNEZ**

**ID: 100060799**

**DIRECTOR METODOLÓGICO:**

**C.D. E. E. RODOLFO SOLANO ROBLES**

**ID: 100497000**

**DIRECTOR DISCIPLINARIO:**

**L. E. E. E. SUSANA LIZETTE BERTHEAU SOLÍS**

**ID: 100322366**

**LECTOR:**

**M.C.O. BRISEIDA GUADALUPE ROJAS HUERTA**

**ID: S/N**

**MAYO, 2024**





**BUAP**

Oficio No. FESIEP/CIFE/038/2024

C. Roxana José Orgaz  
Estudiante de la Maestría en Estomatología  
con opción en Terminal en Endodancia  
Matrícula No.: 222450002  
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado  
Facultad de Estomatología  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
**PRESENTE**

Sirva este medio para enviarle un cordial saludo, asimismo, la que suscribe MEP. Gisela Nataly Rubin de Celis Quintana en mi calidad de Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; para comunicarle una noticia importante en relación con su proceso académico.

Con agrado, le informo que la Secretaría de Posgrado ha otorgado la aprobación para la impresión de su Tesis Titulada:

**"Comparación de limas bluebasher vs waveone gold en la capacidad de remoción de bacterias y extrusión de debris"**

Esta tesis está inscrita en el libro de registros No. 08, página 01, con el No. de asignación 2023223 en la Secretaría de Investigación de esta Unidad Académica. Usted presentará esta tesis para realizar su examen profesional y así obtener el grado de Maestría en Estomatología con opción en Terminal en Endodancia.

La aprobación de la impresión de su tesis represente un hito significativo en su trayectoria académica y profesional. Es el reflejo de su arduo trabajo, dedicación y la profundidad de su investigación en el campo de la Estomatología.

Le insto a que proceda con los pasos necesarios para la impresión y presentación de Tesis, cumpliendo con todas las normativas y plazos establecidos por la Facultad. Esto incluye la revisión final de su documento, asegurándose de que desempeñe todas las requisitos académicos y formatos establecidos, así como la coordinación con la Secretaría para la programación de su examen profesional.

Para cualquier consulta, aclaración o información adicional, le invito a contactar directamente a este Posgrado, estamos aquí para asistirle en cada paso restante de su proceso académico.

Sin otro particular, le reitero mi más atenta y distinguida consideración y le deseo éxito en la etapa final de esta carrera académica.

**Atentamente**

*"Pensar bien, para vivir mejor"*

H. Puebla de Z., a viernes 24 de mayo de 2024

MEP. Gisela Nataly Rubin de Celis Quintana  
Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado  
Facultad de Estomatología



\* Nota: Se anexa Formato de Impresión de Tesis - C. Roxana José Orgaz- Maestría en Estomatología con opción en Terminal en Endodancia - S.I.E.P. - Facultad de Estomatología - B.U.A.P. (origina) - p.u.c.y.a.

C.c.p. Archivo

\*MCO, FJMA/MEP, GNRCCO

Secretaría de Investigación y  
Estudios de Posgrado  
Facultad de  
Estomatología

31 poniente 1304, Col. Volcanes  
Puebla, Pue.  
C.P. 72410  
Tel. Of. 22\*22 29 55 00  
Ext. 5526

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA  
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA  
SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS RECEPCIONAL**

Para obtener el Grado de: **Maestra en Estomatología con opción Terminal en Endodoncia**

**Registro CIFE:** 2023223    **Fecha de Registro ante CIFE:** jueves 21 de septiembre del 2023.

**Título de la Tesis:** "Comparación de limas blueshaper vs waveone gold en la capacidad de remoción de bacterias y extrusión de debris"

**Nombre del alumno:** C. Roxana José Orgaz

**Matrícula:** 222450002.

**Domicilio:** Av. Santa Elena No. 1 303 B San José del Puente CP 72150.

**Tel:** 22\*24 91 53 75.

**Fecha de ingreso a la Facultad:** lunes 03 de enero de 2022.

**Firma:** \_\_\_\_\_

**Director de Tesis:** DID. Esther Vaillard Jiménez.

**Grado académico:** Doctora en Investigación y Docencia.

**Adscripción:** Facultad de Estomatología.

**ID:** 10006099.

**Tel:** 22\*23 25 28 89.

**Firma:** \_\_\_\_\_

**Director Disciplinario:** CDEE. Susana Lizette Bertheau Solís. **Grado académico:** Licenciada en Estomatología Especialista en Endodoncia.

**Adscripción:** Facultad de Estomatología.

**ID:** 100322366.

**Tel:** 22\*23 52 94 97.

**Firma:** \_\_\_\_\_

**Director Metodológico:** Dr. Rodolfo Solano Robles. **Grado académico:** Cirujano Dentista Especialista en Endodoncia.

**Adscripción:** Facultad de Estomatología.

**ID:** 100497000.

**Tel:** 22\*22 12 29 73.

**Firma:** \_\_\_\_\_

**Lector:** ME. Briseida Guadalupe Rojas Huerta.

**Grado académico:** Maestra en Ciencias Odontológicas.

**Adscripción:** Facultad de Estomatología.

**ID:** S/N

**Tel:** 24\*61 26 67 03.

**Firma:** \_\_\_\_\_

**Nombre y firma de aprobación del Responsable de la Maestría en Estomatología con Opción terminal en Endodoncia**

EE. Alejandro Gerardo Martínez Guerrero

**Firma:** \_\_\_\_\_

**La Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología, autoriza la impresión de la Tesis.**

**MEP. Gisela Nataly Rubin de Celis Quintana**



**Fecha actual:** viernes 24 de mayo del 2024.

**Sello** \_\_\_\_\_



**BUAP**

Constancia No. FESIEP/CIFE/152/2023

DID. Esther Vaillard Jiménez  
Responsable del Proyecto de Investigación  
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado  
Facultad de Estomatología  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
**PRESENTE**

Sirvo este medio para enviarle un cordial saludo, asimismo, la Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; HACE CONSTAR, que, el Proyecto de Investigación (Colectivo):

"Comparación de limas blueshaper vs waveone gold en la capacidad de remoción de bacterias y extrusión de debris"

Presentado por:

No.	Cargos	Nombres	ID
1	Responsable del Proyecto de Investigación	DID. Esther Vaillard Jiménez	100062799
2	Director Metodológico	Dr. Rodolfo Salano Robles	100497000
3	Director Disciplinario	Dra. Susana Bertheau Solís	100322366
4	Asesor Externo	DC. Mauro Cárdenas García Facultad de Medicina BUAP	100387386
5	Alumna de Maestría: Terminal en Evidencia	C. Roxana José Orgaz	222450002

ha sido ACEPTADO y quedara registrada en esta Secretaría de Posgrado, en el libro de registros C.I.F.E. No. 08, en la hoja No. 01 y con registro No. 2023223

Para los fines legales que los interesados convengan, y sin otro particular, reitero a Usted mi más atenta y distinguida consideración.

Atentamente  
"Pensar bien, para vivir mejor"  
H. Puebla de Z., jueves 21 de septiembre de 2023

MG. Farid Alfonso Dip., Velázquez  
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado  
Facultad de Estomatología



C.c.p. Archivo  
\*MTRD. F.MA/DR.FADU/20230921

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado  
Facultad de Estomatología  
31 poniente 1304, Col. Volcanes  
Puebla, Pue.  
C.P. 72410  
Tel. Of. 22'22 29 55 00  
Ext. 5526

## **DEDICATORIA**

A mi familia: mis papás Héctor José Ruiz y Josefina Orgaz Terronez quienes jamás me dijeron que no a nada para lograr superarme a mí misma, por su paciencia, su amor, su apoyo incondicional y también su apoyo económico.

Mis hermanos Linda y Héctor, que muchas veces me vieron llorar y siempre trataron de sacarme una sonrisa, de estar feliz por mí y lo que estaba logrando.

A la bebé de la casa Ivana, por llegar a darnos alegría y enseñarnos el amor más puro que hay de un ser humano.

A mi primo Edgar, que siempre me escucha y me aconseja, me apoya en todo y está presente en mi vida, gracias por eso.

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo quiero agradecer a Dios, por nunca abandonarme, por siempre bendecirme y ponerme a las personas indicadas en el camino para poder seguir adelante.

A mis docentes y mi coordinador, por sus enseñanzas, su invaluable orientación y apoyo durante estos 2 años que se pasaron de volada. Sus conocimientos, dedicación y compromiso han sido fundamentales en mi desarrollo académico y profesional. Gracias por inspirarme a esforzarme, por la excelencia y por ser modelos a seguir en el ejercicio de la docencia.

Al Dr. Dionisio por ayudarme, tenerme paciencia, explicarme y ayudarme a diseñar la metodología, gracias por verme crecer y ser parte de mi formación, nos conocemos desde primer semestre de licenciatura y por azares del destino nos volvimos a encontrar en otra institución y desde que lo conozco siempre está dispuesto a ayudar a los demás. El Dr. Ismael por siempre aclararme y resolver mis dudas y tenerme paciencia cuando muchas veces no sabía la respuesta. Al Dr. Jerezano que siempre tiene una sonrisa y me brindaba su ayuda cuando me sentía desorientada. A mi comité de tesis, por ayudarme siempre, resolver mis dudas y tenerme paciencia.

A mis compañeras de generación, Caro y Tania, por haber sido parte especial de mi experiencia durante este camino. El apoyo y la amistad que me han brindado han sido verdaderamente importante, son personas que han dejado huella en mi corazón. A lo largo de este camino académico, sus palabras de aliento, comprensión y compañerismo han sido una fuente constante de motivación. Compartir juntas nuestras inquietudes, éxitos y desafíos ha hecho que esta etapa sea mucho más significativa y memorable. Gracias por dejarme crecer al lado de ustedes.

A mis compañeras de la maestría, son amigas que se volvieron hermanas, que no importa la circunstancia siempre hay que estar unidas.

A mis amigos y amigas, que muchas veces me vieron llorar de estrés, siempre tenían palabras de aliento para mí, que de algunos me alejé por enfocarme de lleno a mis estudios y ellos siempre estuvieron para mí sin importar nada, que, aunque me quejara siempre de lo mismo, me escuchaban. Gracias.

A.A.A.T., por todo el amor y paciencia, gracias por siempre estar para mí.

## ÍNDICE

	PÁGINA
RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	13
INTRODUCCIÓN	15
ANTECEDENTES GENERALES	16
ANTECEDENTES ESPECÍFICOS	28
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	31
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	31
JUSTIFICACIÓN	32
HIPÓTESIS	33
OBJETIVOS	
OBJETIVO GENERAL	34
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	34
MATERIALES Y MÉTODOS	
DISEÑO DE ESTUDIO	35
MUESTREO	
DEFINICIÓN DE LA UNIDAD DE POBLACIÓN	35
SELECCIÓN DE LA MUESTRA	35
CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO	
CRITERIOS DE INCLUSIÓN	36
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	36
CRITERIOS DE ELIMINACIÓN	36
DEFINICIÓN DE VARIABLES Y ESCALA DE MEDICIÓN	37
UBICACIÓN ESPACIO- TEMPORAL	38
TÉCNICA Y PROCEDIMIENTO	39
ANÁLISIS DE DATOS	45
DISEÑO ESTADÍSTICO	45
LOGÍSTICA	

RECURSOS HUMANOS	45
RECURSOS MATERIALES	45
BIOÉTICA	46
RESULTADOS	47
DISCUSIÓN	51
CONCLUSIÓN	55
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS	61

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Obtención y descontaminación de las muestras, para su medición y decoronación con disco de diamante.	<b>39</b>
<b>Figura 2.</b> Gasa estéril con etanol al 70%.	<b>40</b>
<b>Figura 3.</b> Sellado de raíz con barniz epóxico.	<b>40</b>
<b>Figura 4.</b> Sellado del tubo Eppendorf con cautín.	<b>40</b>
<b>Figura 5A, 5B y 5C.</b> Toma de la bacteria de caja Petri.	<b>41</b>
<b>Figura 6A, 6B, 6C y 6D.</b> Preparación de la solución a inocular.	<b>41</b>
<b>Figura 7.</b> Toma con punta de papel esteril.	<b>42</b>
<b>Figura 8A y 8B.</b> Limas WaveOne Gold Primary y BlueShaper.	<b>42</b>
<b>Figura 9A, 9B y 9C.</b> Ciclos de irrigación e inyección del BHI.	<b>43</b>
<b>Figura 10A y 10B.</b> 24 horas después de ser incubados.	<b>43</b>
<b>Figura 11.</b> Cajas Petri de Agallar Müller.	<b>44</b>
<b>Tabla 1.</b> Distribución de frecuencias de los casos de extrusión.	<b>47</b>
<b>Tabla 2.</b> Tabla de contingencia de Chi cuadrada en extrusión.	<b>47</b>
<b>Gráfica 1.</b> Extrusión de debris de los tres grupos.	<b>48</b>
<b>Tabla 3.</b> Distribución de frecuencias del crecimiento bacteriano.	<b>49</b>
<b>Tabla 4.</b> Tabla de contingencia de Chi cuadrada de crecimiento bacteriano de <i>Enterococcus faecalis</i> .	<b>49</b>
<b>Gráfica 2.</b> Presencia o ausencia de crecimiento bacteriano.	<b>50</b>

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

VS	Versus.
BS	BlueShaper.
WOG	WaveOne Gold.
NaOCl	Hipoclorito de sodio.
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético.
BHI	Infusión de cerebro corazón.
<i>E. faecalis</i>	Enterococcus faecalis.
Etc.	Etcétera.
NiTi	Níquel-titanio.
GPa	Gigapascal.
M- Wire	Memory Wire.
SE	Super elásticos.
CM Wire	Control Memory Wire.
CCW	Sentido antihorario.
CW	Sentido horario.
SME	Efecto de memoria de forma.
MOE	Módulo de elasticidad.
TTR	Rango de temperatura de transformación.
CDC	Constricción de cemento dentina.
CHX	Clorhexidina.
CHIPS	Virutas de dentina.
PCR	Reacción en cadena de la polimerasa.
Ca(OH) <sub>2</sub>	Hidróxido de calcio.
TNF-β	Factor de necrosis tumoral beta.
TNF- α	Factor de necrosis tumoral alpha.
INF-γ	Interferón gamma.

TNF	Factor de necrosis tumoral.
CFU	Unidad formadora de colonias.
RPM	Revoluciones por minuto.
Kg	Kilogramos.
°C	Centigrados.
mm	Milímetros.
µL	Microlitros.
ml	Mililitros.
X <sup>2</sup>	Chi cuadrada.

## RESUMEN

### Introducción:

El tratamiento endodóntico consiste en una serie de procedimientos químico-mecánicos para prevenir o erradicar la infección pulpar y/o periapical con la finalidad de conservar el órgano dentario en boca. Uno de estos procedimientos es la instrumentación de conductos radiculares, el cual consiste en eliminar tejido pulpar y dentinario. Al mismo tiempo se debe de cuidar la anatomía y evitar daño por el uso de irrigantes.

### Objetivo:

El objetivo del presente estudio fue comparar evidencias de extrusión de debris y la eliminación de bacterias remanentes dentro de conductos radiculares después de la instrumentación con los sistemas rotatorios BlueShaper® de Zarc y el sistema reciprocante WaveOne Gold Primary® de Dentsply.

### Materiales y métodos:

Es un estudio clínico comparativo *quasi experimental*, transversal, se analizó una muestra de tipo probabilístico, estratificado en tres grupos para comparar la variable extrusión de debris y el crecimiento bacteriano. Se instrumentaron 81 conductos radiculares de órganos dentarios permanentes recién extraídos, conservados en solución salina al 0.9%, en conductos sin tratamientos previos, sin obliteraciones y ápices cerrados. Se inocularon con cloruro de sodio (0.9%) + *Enterococcus faecalis*, se incubaron durante 24 horas. Se dividieron aleatoriamente en 3 grupos, 2 grupos experimentales y 1 de grupo control, para ser instrumentados con el sistema de limas correspondiente del grupo.

BlueShaper®- Grupo BS (n= 34). WaveOne Gold®- Grupo WOG (n= 34). Limas Manuales- Grupo Manual (n=13). Posterior a la instrumentación se hicieron 3 ciclos de irrigación con hipoclorito de sodio (NaOCl) de 20 segundos cada ciclo (un minuto), un minuto con solución salina al 0.9% y un minuto de EDTA al 17%. Se inyectó infusión de cerebro corazón (BHI) y se dejó incubar por otras 24 horas, para posteriormente sembrar en placas de Agar Mueller Hinton y observar el crecimiento bacteriano a las 24 horas.

### Resultados:

Para el análisis estadístico de extrusión de debris y de crecimiento bacteriano, se emplearon la prueba de Chi cuadrada ( $X^2$ ) con dos grados de libertad. En cuanto a la extrusión de debris, resultó un valor de  $X^2= 12.33$  con dos grados de libertad y un valor de p de 0.0021. Este resultado permite rechazar la hipótesis nula. Los resultados que hubo en el crecimiento bacteriano arrojaron un valor de  $X^2$  de 15.42 con un valor de p de 0.0004; este valor de p indicó tres asteriscos (\*\*\*) tratados con el programa GraphPad Prism. En ambas pruebas el sistema BlueShaper® comparado con WaveOne Gold Primary®, tuvo mejores resultados.

## **Discusión:**

De acuerdo a la variable de extrusión de debris, se obtuvieron resultados semejantes a los estudios de Caviedes- Bucheli y cols. Conocidos desde el 2016, se encontró que los sistemas de limas rotatorias generaban menos extrusión de debris apical en comparación con los sistemas de limas reciprocantes. Específicamente, se observó una tendencia a una mayor extrusión de debris con los sistemas de limas reciprocantes de lima única en comparación con los sistemas de limas rotatorias de secuencia completa. Por lo tanto, en términos de reducción de la extrusión de debris apical, los sistemas de limas rotatorias podrían considerarse más favorables en comparación con los sistemas de limas reciprocantes de lima única según los resultados del estudio. Los resultados fueron similares a los de esta investigación.

Respecto al medio de conservación y de la inoculación, se encontraron diferencias con el estudio de Infante, en el que reportó muerte del *E. faecalis* a las 24 horas debido a que su incubación la hizo a temperatura ambiente, a diferencia de este estudio en el que se reprodujeron las condiciones clínicas que incluye la temperatura corporal.

## **Conclusión:**

Las limas rotatorias BlueShaper® extruyen menos debris a comparación del sistema reciprocante WaveOne Gold Primary Primary®. Asimismo, el crecimiento bacteriano se vio reducido en los conductos tratados con el sistema BlueShaper®.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de estudio, BlueShaper® demostró menor extrusión de debris y crecimiento bacteriano, por lo que se acepta la hipótesis de investigación.

**Palabras clave:** Sistema rotatorio, BlueShaper, extrusión, sistema reciprocante, WaveOne Gold Primary, debris, bacterias.

## INTRODUCCIÓN

El tratamiento endodóntico consiste en una serie de procedimientos químico-mecánicos para prevenir o erradicar la infección pulpar y/o periapical con la finalidad de conservar el órgano dentario en boca. Uno de estos procedimientos es la instrumentación de conductos radiculares, el cual consiste en eliminar tejido pulpar y dentinario. Al mismo tiempo se debe cuidar la anatomía y evitar daño por el uso de irrigantes.

Actualmente existen diferentes sistemas de instrumentación como: El WaveOne Gold®, el cual es un instrumento de 5ta generación elaborado con una aleación Gold. Con este sistema se generan movimientos reciprocantes, lo que ofrece una instrumentación más centrada en el conducto radicular; el BlueShaper® es un instrumento de 6ta generación, que cuenta con dos aleaciones tipo Pink & Blue, las cuales brindan una mayor flexibilidad.

Interesantemente, se ha generado un dilema de si es mejor una remoción de debris dentinario al realizar movimientos rotatorios o reciprocantes.

Se sabe que una consecuencia de la instrumentación es la formación de debris, capa amorfa de restos pulpares, tejido dentinario, bacterias y residuos de irrigantes; si este es extruido a tejidos perirradiculares induce una respuesta inflamatoria a nivel periapical.

Por lo que el objetivo del presente estudio es comparar las limas BlueShaper® vs WaveOne Gold Primary® y determinar cuál sistema ofrece mejores resultados con respecto a la extrusión y remoción de bacterias.

## ANTECEDENTES GENERALES

### TRATAMIENTO ENDODÓNTICO

La pulpa dental es un tejido conectivo estéril protegido por esmalte, dentina y cemento. Una lesión en la cámara pulpar como caries, trauma, microfiltración, etc. puede provocar inflamación hasta necrosis pulpar si no se trata. Los microorganismos pueden llegar a colonizar el tejido pulpar y en las exposiciones pulpares pueden evolucionar hasta una necrosis pulpar y patología perirradicular. Una vez establecida la necrosis pulpar, ni la defensa del huésped o la terapia con antibióticos sistémicos serían eficaces para eliminar la infección debido a la ausencia de sistema sanguíneo colateral, para prevenir su propagación se recurre a la endodoncia como tratamiento<sup>1</sup>.

El objetivo del tratamiento endodóntico es eliminar o prevenir una periodontitis apical limpiar, conformar y sellar el sistema de conductos radiculares en tres dimensiones. Cuando el objetivo falla significa fracaso endodóntico. Tal objetivo se logra en parte, gracias a la preparación biomecánica cuyo propósito también es eliminar el tejido pulpar vital y necrótico, y la dentina radicular infectada del sistema de conductos radiculares. Actualmente la mayoría de los sistemas mecánicos de instrumentación de conductos radiculares proponen sistemas de una o varias limas para preparar los conductos radiculares a una dimensión mínima, esto último se ha logrado con la evolución de generaciones de instrumentos<sup>1-2</sup>.

Los componentes cruciales para el manejo de la infección en tratamientos endodónticos incluyen la respuesta inmune del paciente, la técnica de instrumentación e irrigación utilizada, el uso de medicamentos intraconducto entre citas, y la adecuada obturación y restauración del conducto radicular<sup>3</sup>.

La preparación quimiomecánica es considerada fundamental en el tratamiento endodóntico, con el objetivo primordial de eliminar tejido orgánico y disminuir la carga microbiana. Sin embargo, debido a la complejidad anatómica del sistema radicular, particularmente en el tercio apical, conseguir un desbridamiento completo de todas las áreas del conducto es una tarea desafiante<sup>4</sup>.

Las dificultades anatómicas a menudo imponen limitaciones físicas que representan un desafío significativo para la desinfección efectiva del conducto radicular. Los instrumentos de níquel-titanio (NiTi) disponibles actualmente solo trabajan sobre las paredes del conducto principal y no alcanzan áreas como aletas, istmos, conductos accesorios y deltas apicales, los cuales pueden contener residuos de tejidos, microorganismos y sus subproductos, obstaculizando la adecuada adaptación del material de obturación y potencialmente causando inflamación perirradicular persistente<sup>5-6</sup>.

A pesar de una instrumentación meticulosa, entre el 30% y el 50% de la superficie de la pared del conducto puede quedar sin tratar, cubierta de biofilm y restos de tejido<sup>7</sup>.

En un esfuerzo por obtener una conformación completa del sistema de conductos radiculares, los desechos tales como limaduras de dentina, tejido pulpar necrótico, bacterias o irrigantes pueden extruirse en el tejido perirradicular. Estos desechos pueden provocar dolor e incomodidad postoperatorios. Múltiples estudios han demostrado que casi todas las técnicas de instrumentación producen debris en algún grado y el tratar disminuir la extrusión apical de este tendría importantes implicaciones para disminuir la incidencia de la inflamación y dolor.

El debris extruido contiene remanentes dentinarios, también bacterias, soluciones irrigantes y medicamentos intraconducto que, al penetrar a los tejidos peri radiculares, pueden provocar dolor e inflamación después de la instrumentación.

## **INSTRUMENTACIÓN**

### **Instrumentos**

Hasta la última década del siglo pasado, los instrumentos de endodoncia se fabricaban en acero inoxidable, los cuales tienen una rigidez que aumenta a medida que se incrementa el tamaño del instrumento, además que intenta devolver al instrumento a su forma original en el caso de conductos curvos <sup>2</sup>.

La instrumentación mecánica y la irrigación son principios endodónticos y componentes esenciales para una endodoncia exitosa, en conjunto son capaces de eliminar hasta 1000 veces más el número de microorganismos, en comparación de al tratamiento de conductos realizado únicamente con instrumentación mecánica.

Los instrumentos rotatorios de níquel-titanio facilitan el proceso de limpieza y conformación radicular, pero son varias las filosofías que no están a favor de terminaciones apicales con diámetros pequeños en conductos en dientes necróticos.

La aleación de NiTi fue desarrollada por el laboratorio Naval *Ordnance Lab* (EE. UU). Fue nombrado Nitinol; del acrónimo de níquel (ni), titanio (ti) y Laboratorio de Artillería Naval (nol). La aleación de NiTi utilizada en los instrumentos de endodoncia contiene aproximadamente un 56% de níquel y un 44 % de titanio.

Dentro de las limitaciones físicas de los instrumentos de endodoncia, principalmente las limas, se deben a las propiedades de sus materiales. La rigidez del acero inoxidable dificulta la negociación de conductos curvos, pero se ha demostrado que las limas fabricadas con níquel-titanio (NiTi) son tres veces más flexibles con respecto a las limas de acero inoxidable.

La configuración de la sección transversal de un instrumento influye en la flexibilidad; los instrumentos con sección transversal de mayor volumen son menos flexibles que los de menor volumen, es decir, aquellas limas con corte transversal triangulares son más flexibles que los de corte cuadrangular del mismo tamaño.

La forma de un instrumento influye en el ángulo de corte de la hoja. Un ángulo positivo corta agresivamente, pero puede provocar un desgaste rápido, mientras que un ángulo de ataque ligeramente negativo producirá un efecto de raspado. Una parte radial es un área plana directamente detrás del borde de corte que aumenta la resistencia, mantiene la lima concéntricamente dentro del conducto y resiste el atornillado del instrumento en el conducto. Las estrías profundas permiten la acumulación de desechos, que deben alejarse del sitio de corte para evitar la obstrucción de la cuchilla y una menor eficiencia <sup>8</sup>.

Describiendo la metalurgia de este compuesto, la aleación tiene la capacidad de presentarse en dos estructuras cristalinas diferentes, dependientes de la temperatura denominadas austenita (fase de alta temperatura, de estructura cristalina cúbica) y fase martensita (fase de baja temperatura, de estructura cristalina monoclinica con características típicas que son la super elasticidad y el efecto de memoria de forma. Estas propiedades ocurren como resultado de la transición de austenita a martensita (transformación martensítica), que puede ser inducida por tensión o temperatura. Bajo ciertas condiciones una fase romboédricamente distorsionada (fase-R) puede aparecer antes de la transformación a martensita, la cual se establece como una transformación martensítica en sí misma que compite con la transformación martensítica posterior. La tensión que se produce durante esta transformación comienza en una fase reticular cúbica (austenita) a romboédrica (fase R), y por último a monoclinica (martensita). La martensita exhibe un módulo elástico más bajo que la austenita (80–90 GPa), y el módulo elástico de la fase R es incluso más bajo que el de la martensita (30–40 GPa) <sup>8</sup>.

La composición de la fase y, en consecuencia, las propiedades mecánicas de la aleación de NiTi dependen de la temperatura ambiente y de si la aleación se enfría o calienta a esta temperatura. Si la temperatura está por encima de la temperatura de acabado austenítico (Af), la aleación se encuentra en estado austenítico, es decir, es rígida, dura y posee propiedades super elásticas superiores. Cuando la temperatura está por debajo de la temperatura de acabado de martensita, la aleación de NiTi está en estado martensítico, es decir, es suave, dúctil, se deforma fácilmente y posee el efecto de memoria de forma <sup>8</sup>.

Walía, Brantley y Gerstein reportaron por primera vez la aplicación de NiTi en endodoncia, se utilizó un alambre de ortodoncia de nitinol para la fabricación de limas intraconducto de tamaño 15. En los 90s, llegaron al mercado las primeras limas rotatorias de NiTi, la mayoría de éstas tienen puntas redondeadas que no cortan <sup>9</sup>.

En 1992 fue lanzado al mercado el primer instrumento rotatorio de NiTi con conicidad 0.02, diseñado por el Dr. John McSpadden. Ésta fue la primera generación de instrumentos NiTi, las características de dichos instrumentos eran que contaban con superficies radiales de corte pasivo, conicidades fijas a lo largo de sus zonas de trabajo y requerían de una cantidad considerable de limas para la preparación del conducto. A finales de los 90s, se introduce la segunda generación

de instrumentos, los cuales requerían de menos instrumentos, los ángulos de corte eran positivos por lo que sus bordes cortantes estaban activos sin zonas radiales.<sup>1-2</sup> Varios estudios también han aprobado la eficiencia de estos sistemas en la preparación rápida y también en la preservación de la forma original de los conductos, incluso en casos desafiantes curvos y calcificados, aunque algunos investigadores han informado algunos grados de transportación de conductos junto con la tendencia a separarse durante el uso <sup>10</sup>.

La tercera generación en 2007, tuvo mejoras en la metalurgia de NiTi, el procesamiento térmico es uno de los enfoques para ajustar las temperaturas de transición de las aleaciones de NiTi y crear la resistencia a la fatiga de las limas especialmente para conductos radiculares curvos <sup>2,9</sup>.

M- Wire se produce mediante la aplicación de tratamientos térmicos a los espacios en blanco de alambre de NiTi. Los instrumentos Vortex Blue, como su nombre lo indica son de color azul, este color único que no se ve en los instrumentos NiTi super elásticos (SE) tradicionales. Lo que brinda el color azul es la capa superficial de óxido de titanio, esto ayuda a compensar la pérdida de dureza. CM Wire es una nueva aleación introducida en 2010 con propiedades más flexibles debido a la fabricación de un proceso termo mecánico especial que controla la memoria del material. La propiedad CM ayuda al instrumento a guardar la forma del conducto cuando se mueve fuera del conducto radicular. Estas limas presentan un peso de níquel más bajo (comparado con 55%), el cual es de 52% <sup>2</sup>.

Sin embargo, en la cuarta generación, se introduce el sistema reciprocante. La reciprocidad, que se describe como cualquier movimiento repetitivo hacia adelante y hacia atrás o hacia arriba y hacia abajo, es otra filosofía en la preparación del conducto que fue introducida por primera vez por Blanc, un dentista francés, a finales de la década de 1950. Las limas giran en grandes ángulos iguales de 90° en sentido de las manecillas del reloj (CW), y rotación de 30° en sentido antihorario (CCW). Los sistemas de limas pueden reducir de manera eficiente el número de bacterias en el conducto radicular además de preservar su forma original. En 2011, WaveOne® lanzó su sistema de lima única, para la conformación del conducto radicular <sup>2,9</sup>.

Más tarde, la quinta generación de limas han sido diseñadas de manera que el centro de masa y/o centro de rotación estén desplazados, este diseño produce una onda mecánica de movimiento que viaja a lo largo de la longitud activa de la lima, esto ayuda a minimizar el acoplamiento entre la lima y la dentina, esto reduce el bloqueo cónico o el efecto de atornillado que provoca la separación del instrumento. Además, mejora el corte y la eliminación de residuos en comparación con un instrumento giratorio de masa centrada <sup>2,8-9</sup>.

### **Sexta generación**

Gracias al desarrollo continuo de la tecnología metalúrgica, los diseñadores y fabricantes han mejorado las propiedades físicas de los metales y han aumentado

la resistencia a la fatiga al cambiar la composición de la fase química y cristalina de la aleación. El tratamiento térmico, el método de procesamiento de metales más utilizado, se aplica para calentar y enfriar un determinado material en condiciones específicas varias veces para obtener una propiedad específica del material, como la súper elasticidad (SE) y el efecto de memoria de forma (SME) de la aleación de NiTi <sup>10</sup>.

La fase austenítica o también conocida como fase inicial, la estructura cristalina de la aleación de NiTi en el rango de alta temperatura (10000°C), es estable. El nitinol muestra cambios en la elasticidad, módulo de elasticidad (MOE) y resistividad elástica, al enfriarse a través de un rango crítico de temperatura de transformación (TTR); esto genera modificaciones en la estructura cristalina, dicho cambio recibe el nombre de transformación martensítica. Esto provoca un cambio en las propiedades físicas de la aleación y da lugar a la característica de memoria de forma <sup>11</sup>.

Las mejoras metalúrgicas mencionadas anteriormente mejoran la flexibilidad de los instrumentos de NiTi accionados por motor, mantienen mejor la forma del conducto radicular curvo y reducen la transportación del mismo; además, estas mejoras favorecen a la resistencia a la fatiga del instrumento, reducen la separación de las limas por torsión y fatiga cíclica y mejoran la seguridad en la práctica clínica<sup>12</sup>.

Por ello, en una revisión de literatura hecha por Baugh y Wallace marcaban algunos términos importantes a tomar en cuenta durante la instrumentación de los conductos radiculares <sup>13, 14</sup>.

## **ANATOMÍA DE LOS CONDUCTOS RADICULARES**

### **Constricción apical y forma de constricción apical**

A través de un estudio Lambrianidis, Tosounidou, y Tzoanopoulou trataron de encontrar la función de la constricción apical, el foramen y el uso de una lima de permeabilidad en la extrusión apical de NaOCl y de debris, obteniendo como resultado que una diferencia significativa en la cantidad de material extruido antes y después del ensanchamiento de la constricción apical, con una mayor extrusión cuando la constricción permaneció intacta. Este fenómeno puede atribuirse a la formación de un tapón apical <sup>15</sup>.

Autores como Ricucci, demostraron que la instrumentación y obturación hasta este nivel tiene mejor pronóstico evitando dolor e inflamación post instrumentación y el pronóstico era desfavorable cuando los medicamentos intraconducto o de obturación se extendían más allá de la constricción apical, pero es importante señalar que esta estructura no es siempre fácilmente identificable, su forma es variable que va desde ovalada, redonda, forma de cinta, generalmente tienden a ser más ovaladas o irregulares y esto podría poner atención en la instrumentación hasta esta zona <sup>16</sup>.

### **Diámetro de la constricción apical**

Kuttler, proporcionó datos detallados sobre la anatomía de los ápices radiculares, destacando la importancia de la constricción apical. Se encontró que la distancia promedio entre el centro del foramen y la parte más estrecha del canal apical fue de 524 micrones en el grupo de jóvenes 18 a 25 años y 659 micrones en el grupo de 55 en adelante. Además, se observó que el promedio del diámetro del CDC fue de 244 micrones en la primera serie y 210 micrones en este segundo grupo. Estos hallazgos pioneros en la constricción apical contribuyen significativamente al entendimiento de la morfología radicular y son fundamentales para mejorar las técnicas de tratamiento de conductos radiculares. Se determinó que la edad influye al tamaño de la constricción debido a la deposición continua de cemento que se da durante toda la vida, concluyendo en que la edad debe ser considerada para la estrategia de tratamiento endodóntico <sup>17</sup>.

### **Instrumentación**

A través de los años, han existido diversas las técnicas de instrumentación, una de las más importantes filosofías para la correcta instrumentación fue aquella donde Schilder describió más tarde su proceso de instrumentación para una preparación ideal y obturación termo plastificada, pensó que el conducto debería tener un diámetro mayor en el orificio coronal con una disminución gradual hacia la constricción apical que tenía el diámetro más pequeño <sup>18</sup>.

### **Conformación y ampliación de los sistemas de conductos radiculares**

Los tamaños de instrumentación más grandes no solo permiten una irrigación adecuada, sino que también reducen significativamente las bacterias restantes en el sistema de conductos. El determinar cuál es la lima para terminar de conformar el ápice ha sido tema de discusión, pero la mayoría de estudios como del autor Sjögren, quien informó que una lima número 40 reducía las bacterias mejor que una lima de tamaño más pequeño. Pero el estudio de los autores Yared y Dagher contradecía estos hallazgos, quienes informaron que una lima número 25 era tan eficiente como una lima no. 40 para reducir los microorganismos residuales <sup>18</sup>.

### **IRRIGACIÓN**

El tratamiento de conductos, consiste en una instrumentación químico-mecánico, con la que, por medio de la instrumentación con limas, daremos acceso a que el irrigante penetre y ayude a eliminar materia orgánica e inorgánica, bacterias, tejido remanente, etc.

Desde 1943, Louis Grossman identificó la irrigación como uno de los componentes cruciales en el tratamiento endodóntico, enfocándola principalmente en alcanzar una desinfección exhaustiva del sistema de conductos radiculares. Hoy en día, se reconoce universalmente que una irrigación adecuada es fundamental para el éxito del tratamiento de los conductos radiculares <sup>19</sup>.

En el transcurso de la limpieza y modelado del conducto radicular, se produce la acumulación de residuos orgánicos provenientes de la pulpa dental, así como de

restos inorgánicos de la dentina. Estos se adhieren a las paredes del conducto, formando una capa irregular y amorfa denominada lodillo, que puede alcanzar un grosor de entre 0.5 y 2 mm y penetra en los túbulos dentinarios. Esta capa es susceptible de contener microorganismos y desechos necróticos, lo que puede comprometer seriamente el proceso de desinfección y, por consiguiente, el éxito del tratamiento endodóntico <sup>20, 21</sup>.

La irrigación es uno de los elementos clave del tratamiento de conductos. Existen diferentes tipos de irrigantes, pero el de mayor eficacia es el hipoclorito de sodio (NaOCl), el que cumple con las características establecidas, que son la acción bactericida, disolución de tejido, lubricación y eficiencia en la eliminación de restos. El ácido hipocloroso afecta a las funciones vitales de la célula microbiana, provocando así la muerte de ésta. Existen concentraciones entre 0.5 – 6%, para su mayor eficacia, debe renovarse con frecuencia y se debe de activar <sup>22</sup>.

Existen diferentes tipos de irrigantes, como el EDTA (ácido etilendiaminotetraacético), ácido cítrico, digluconato de clorhexidina (CHX). Hoy en día se han introducido varios irrigantes combinados, como MTAD, SmearClear, Tetraclean, QMiX <sup>22</sup>.

A pesar de las precauciones que siempre se toman al realizar el tratamiento de conductos en cuanto a instrumentación se refiere, la extrusión de una pequeña cantidad de NaOCl (hipoclorito de sodio) ocurre con bastante frecuencia durante el tratamiento de conductos. La inyección inadvertida de NaOCl a través de un conducto radicular en los tejidos periapicales puede causar dolor intenso, sensación de ardor, inflamación y el posible retraso de la cicatrización. La reacción del tejido dependerá del huésped, la concentración y la cantidad administrada. En las lesiones perirradiculares crónicas asintomáticas, existe un equilibrio entre tales defensas del huésped y la agresión de la microbiota del conducto radicular asociada con los conductos infectados en los tejidos perirradiculares. Durante los procedimientos de tratamiento del conducto radicular, si las bacterias se extruyen apicalmente, habrá una interrupción transitoria en este equilibrio y el huésped movilizará una respuesta inflamatoria aguda para restablecer el equilibrio y su intensidad dependerá del número y/o virulencia de las bacterias <sup>22</sup>.

La eliminación de restos de dentina y la capa de debris, subproductos de la instrumentación, pueden albergar bacterias o puede dificultar el acceso a que el irrigante llegue a ellos <sup>23</sup>.

## **DEBRIS**

Aunque se han introducido varias metodologías para la preparación químico mecánica del sistema de conductos radiculares, un problema inherente relacionado con todos los procedimientos de conformación y limpieza del conducto radicular es la extrusión de desechos e irrigantes intraconducto hacia los tejidos perirradiculares, por lo cual puede provocar dolor postoperatorio que es una consecuencia indeseable tanto para el paciente como para el profesional. Existe algún tipo de

equilibrio entre la agresión microbiana y la defensa del huésped en las lesiones periradiculares crónicas asintomáticas, pero en el caso de que los microorganismos se extruyan apicalmente durante la preparación químico mecánica, el equilibrio se romperá y los tejidos periradiculares serán desafiados por más irritantes y se producirá una reacción aguda para restablecer el equilibrio.

Durante la instrumentación mecánica, el número y la virulencia de los microorganismos extruidos son los factores decisivos y críticos que determinan la extensión de la reacción periradicular. En cuanto a factores cualitativos, estos no están bajo el control del profesional, los factores cuantitativos pueden controlarse seleccionando técnicas como la instrumentación corono apical para proporcionar un enfoque gradual al final del conducto, esto permite el control de la cantidad de irritantes expulsados periapicalmente.

Seltzer (1968) observó que la dentina y el tejido pulpar contaminados y no contaminados pueden tener el potencial de iniciar una reacción inflamatoria. En un informe, Seltzer halló virutas de dentina (CHIPS) no contaminadas que fueron forzadas más allá del foramen apical durante la sobre instrumentación distendiendo las fibras colágenas apicales del ligamento periodontal. Todos los tipos de irritación física o química que pueden alterar la integridad y el equilibrio de los tejidos periradiculares pueden tener el potencial de iniciar una reacción periapical.<sup>24</sup>

Existen algunos factores que influyen en la extrusión de debris apical durante el tratamiento endodóntico, como el área apical, el tipo y tamaño de la aguja de irrigación y la distancia de ésta con el foramen apical, además del flujo de velocidad del irrigante y el uso de succión durante la irrigación. Sin embargo, suelen presentarse algunos factores que es de importancia describir ya que se desarrollan durante la instrumentación de conductos.

Se ha demostrado que con la técnica corono- apical existe menor cantidad de extrusión de debris a tejidos periapicales, sin embargo, la técnica de fuerzas balanceadas ha demostrado tener mejores resultados al extruir menos cantidad de debris comparado con la técnica corono- apical.

En la aplicación de técnicas manuales o rotatorias durante el tratamiento de conductos, se ha encontrado en diferentes estudios que la acción de “empuje-tirar”, produce más extrusión de desechos apicales que técnicas de instrumentación que incorporan fuerzas rotacionales. Esto condujo a la hipótesis de que los instrumentos rotatorios accionados por motor que utilizan la técnica de fuerza equilibrada producirán menos residuos que las técnicas de limado manual, lo que disminuirá la posibilidad de irritación del tejido periradicular y las secuelas postoperatorias.

Otro factor a considerar, pero no totalmente definido, es la relación entre la extrusión bacteriana y la cantidad de desechos, porque aún con todas las técnicas de instrumentación, forzar el contenido intraconducto a través del ápice hacia los tejidos periapicales, la cantidad de extrusión de desechos puede diferir según las técnicas de preparación, la cinemática y el diseño de los sistemas de lima rotatoria.

Mantener la permeabilidad apical es un factor a considerar y de tener cuidado para evitar la extrusión de debris. A lo largo de la instrumentación del conducto, tanto los desechos pulpares como dentinarios pueden bloquear la porción apical del conducto radicular y provocar errores de procedimiento. Una lima de permeabilidad debe usarse con cuidado, ya que puede forzar los desechos acumulados apicalmente con el riesgo de inocular microorganismos en la región periapical.

La irrigación es una parte esencial de la secuencia del tratamiento de conductos y considerado un gran factor para evitar la extrusión de debris. Los restos de dentina y el barrillo dentinario que se adhieren a las paredes del conducto se crean por la inserción de instrumentos endodónticos durante la preparación y deben eliminarse del sistema de conductos radiculares para mejorar el pronóstico de resultados. Aunque la eliminación de los desechos y la capa de barrillo dentinario se logra principalmente mediante irrigación, aproximadamente la mitad de los desechos creados durante la instrumentación no se pueden eliminar del sistema del canal. La infiltración con irrigación de la porción apical del conducto es esencial para limpiarlo y mantenerlo libre de desechos, reduciendo el riesgo de bloqueos y extrusión apical de desechos.<sup>25</sup>

Las infecciones secundarias o persistentes representan el fracaso del tratamiento endodóntico previo. Este mayoritariamente puede ser causado por algún fallo durante el tratamiento, como en el proceso de instrumentación y falta de irrigación para la desinfección de los conductos radiculares. Además, una compleja anatomía radicular y la falla del sellado coronario favorecen la penetración de microorganismos por microfiltración. En caso de fracaso, bacterias Gram-positivas (estrictas o facultativas) predominan en los conductos radiculares. Estas especies pueden sobrevivir con un suministro mínimo de nutrientes y adaptarse a ambientes estrictos ya que permanecen dentro de los conductos radiculares incluso después de una terapia de conducto radicular previa.

Guppy, Curtis y Ford <sup>15</sup> hicieron un estudio con el objetivo de comparar la forma de la sección transversal de dos instrumentos rotatorios de níquel-titanio, y se buscó relacionar esto con los “chips” producidos al cortar la dentina.

Los chips involucran una mezcla de pequeñas partículas que se producen a consecuencia de la acción de corte. Estos chips se clasifican en:

Tipo I: chips discontinuos. La fractura es el mecanismo principal que produce este tipo de chips.

Tipo II: chips continuos. Estos se producen por deformación plástica de materiales dúctiles.

Tipo III: chips continuos con filo incorporado producidos por deformación plástica. El calor acumulado en los bordes de corte reduce la eficiencia de la lima <sup>1,3</sup>.

## ***ENTEROCOCCUS FAECALIS***

En conjunto, prácticamente todos los estudios anteriores brindan un fuerte consenso de que los tamaños de preparación apical más grandes producen una mayor reducción en las bacterias restantes y el barrillo dentinario en comparación con los tamaños de preparación apical más pequeños. Se reforzaron los resultados encontrados por Lambrianidis, Tosounidou, y Tzoanopoulou anteriormente mencionados.

La importancia de la instrumentación apical radica en que no siempre el empleo de la instrumentación e irrigación, garantizan la eliminación al 100% de las bacterias, ya que pueden penetrar los túbulos dentinarios. Algunos de estos microorganismos pueden ser *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus sanguis*, *Prevotella intermedia* e incluso levaduras, esto gracias a múltiples estudios *in vitro*<sup>18</sup>.

Se ha reportado que *Enterococcus faecalis* se aísla con frecuencia de los conductos radiculares en casos de infección secundaria o persistente debido a la adhesión a las paredes del conducto radicular, gutapercha o cementos endodónticos, lo que permite la formación de una biopelícula resistente, lo que dificulta su eliminación incluso después de una eficaz instrumentación. Otra de sus reacciones puede ser el causar daño al huésped al estimular la exacerbación de la respuesta del tejido periapical<sup>26</sup>.

Diferentes estudios han analizado la composición de biopelículas de conductos radiculares de dientes después de un tratamiento endodóntico, con resultados heterogéneos en cuanto al patógeno más presente en los casos fallidos. *E. faecalis* es, estadísticamente, el microorganismo más prevalente encontrado en conductos radiculares previamente obturados, seguido de *Fusobacterium*, y *Propionibacterium*. Resultados similares fueron reportados en investigaciones que utilizaron la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR), en el que observaron, respectivamente, una prevalencia de *E. faecalis* del 77% y 79,5%. Es una bacteria coco grampositivo, anaerobio facultativo clasificable como patógeno oportunista. Tiene diferentes mecanismos que le permiten sobrevivir en un ambiente desfavorable. Por ejemplo, la capacidad de crecer con o sin oxígeno, de crecer a un pH alcalino, de sobrevivir a temperaturas entre 10° y 60° para suprimir la acción de los linfocitos, sobrevivir en soluciones de Ca(OH)<sub>2</sub> (hidróxido de calcio) con pH de 11.5 y la capacidad de formar una biopelícula. A estos mecanismos de supervivencia, también podemos agregar la capacidad de *E. faecalis* de vivir sin nutrientes, sobrevivir en presencia de fármacos e irrigantes intraconductos, de sobrevivir a alta salinidad, de adquirir resistencia a ciertos antibióticos, para invadir los túbulos dentinarios, para utilizar fluidos del ligamento periodontal como nutrientes y para adherirse al colágeno, siendo así la razón por la cual dentro de los conductos radiculares es la más difícil de erradicar. *E. faecalis* es capaz de sobrevivir sin el apoyo de otras bacterias, de poseer sustancias de agregación y adhesinas de superficie, ácido lipoteicoico, superóxido extracelular, gelatinasa, hialuronidasa y citolisina (factores de virulencia)<sup>27</sup>.

Las sustancias de agregación son sustancias adhesivas bacterianas codificadas por plásmidos, que median el contacto entre la bacteria donante y la receptora,

facilitando el intercambio del plásmido. Actúan aumentando la adhesión durante el proceso de conjugación bacteriana y también favorecen la adhesión de *E. faecalis* a numerosas células eucariotas; también refuerzan la fuerza de unión de las bacterias al colágeno tipo I y la resistencia a la acción de los neutrófilos, lo que lo convierte en un factor protector contra las defensas del huésped. *E. faecalis*, posee estas sustancias de agregación que son capaces de inducir la proliferación de células T, con la consiguiente liberación de factores de necrosis tumoral  $\beta$  (TNF- $\beta$ ) e interferón  $\gamma$  (INF- $\gamma$ ), y de activar los macrófagos para que liberen factores de necrosis tumoral  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ). Los TNF están involucrados en la resorción ósea, mientras que INF- $\gamma$  aumenta la producción de peróxido de hidrógeno y aniones superóxido que causa daño celular y tisular.

Las adhesinas de superficie dan a *E. faecalis* la capacidad de adherirse a diferentes sustancias, como superficies abióticas (necesarias para la formación de biopelículas), otras bacterias (que permiten el intercambio de nutrientes y genes), colágeno, suero y dentina. El ácido lipoteicoico es una molécula anfipática compuesta por una cadena de fosfato de poliglicerol. Su liberación puede causar apoptosis en varias células, como osteoblastos, osteoclastos, fibroblastos LPO, macrófagos y neutrófilos. El anión superóxido es un radical de oxígeno altamente reactivo que interviene en el daño tisular y celular, produciendo pérdida ósea en casos de periodontitis apical crónica. La gelatinasa es una metaloproteínasa extracelular que contiene zinc y puede hidrolizar la gelatina y el colágeno, lo que provoca inflamación periapical. La hialuronidasa actúa sobre el ácido hialurónico y es una enzima degradante asociada con el daño tisular. Esta enzima despolimeriza los mucopolisacáridos del tejido conjuntivo aumentando así la invasión bacteriana, y además contribuye a la obtención de nutrientes para la bacteria ya que es capaz de degradar los disacáridos transportados al interior de la célula para ser metabolizados. También tiene la función de degradación bacteriana, favoreciendo el predominio de aquellas bacterias que poseen este tipo de enzima, que además les permite migrar desde los conductos radiculares hacia los tejidos periapicales.<sup>18</sup>  
<sup>15</sup> La citolisina, finalmente, es una toxina codificada por plásmidos capaz de ejercer una acción lítica frente a un amplio espectro de bacterias Gram-positivas y Gram-negativas, favoreciendo así la supervivencia de aquellos microorganismos que la poseen, tal como lo hace la hialuronidasa.

En condiciones de estrés, *E. faecalis* es capaz de utilizar ciertos aminoácidos como energía y carbono para promover la biosíntesis de pirimidinas, lo que lleva a un aumento de la virulencia de las bacterias. Además de la regulación de genes, se ha demostrado que *E. faecalis* es capaz de sintetizar proteínas para hacer frente a condiciones de estrés, pero su producción no garantiza su supervivencia a un pH muy alto. La presencia de un inhibidor de la bomba de protones en funcionamiento es el mecanismo más importante que permite a las bacterias regular el pH. Cuando el pH se vuelve muy alcalino por la aplicación de  $\text{Ca(OH)}_2$ , esta bomba se activa y permite transportar protones al interior de la célula para acidificar el citoplasma y, por tanto, permitir que la célula sobreviva. Sin embargo, esta bomba funcionará hasta que se alcance un nivel límite de pH de 11.5, en este valor la bomba se satura y deja de funcionar, lo que lleva a la muerte celular<sup>28</sup>.

Finalmente, la expresión de estos factores de virulencia puede resultar en una serie de eventos que favorecen el desarrollo o mantenimiento de la infección endodóntica, así como el progreso de la lesión tisular, pudiendo citar a la formación de biopelículas. Este mecanismo facilita que los microorganismos agrupen comunidades tridimensionales con canales de transporte de fluidos para el paso de sustrato, desechos y moléculas de señalización. Estas comunidades están adheridas a una superficie e incrustadas en una matriz de polisacáridos y proteínas, formando una capa viscosa. Formándose así una biopelícula en regiones de difícil acceso durante los procedimientos de limpieza endodóntica. Su remoción o reducción máxima es fundamental para mantener el diente en condiciones saludables, representando un reto en el tratamiento de conductos radiculares <sup>26</sup>.

## **ANTECEDENTES ESPECÍFICOS**

Estudios realizados con *Enterococcus faecalis* son frecuentes porque es un organismo que generalmente interviene en las infecciones intraconducto, además de su capacidad de traspasar el CDC debido su tamaño que suele ser alojado al interior de los conductos dentinarios <sup>29</sup>. Por lo que a continuación se desglosa el análisis de cada componente que involucra la extrusión de debris y crecimiento bacteriano de *E. faecalis*.

### **ENTEROCOCCUS FAECALIS**

Türker, Uzunoğlu y Aslan evaluaron la cantidad de bacterias extruidas apicalmente asociadas con 3 sistemas rotatorios, One Shape, ProTaper Next y Twisted File. Se eligió *E. faecalis*, para ser inoculado dentro de los conductos radiculares.

Los resultados de este estudio *in vitro* demostraron que, aunque todos los instrumentos extruyeron *E. faecalis* del foramen apical, pero el sistema ProTaper Next extruyó la mayor cantidad de bacterias, mientras que el sistema OneShape fue el que menos extruyó en comparación con los demás instrumentos. Hubo una diferencia significativa entre OneShape y ProTaper Next en el número de unidades formadoras de colonias (CFU), pero no entre OneShape y Twisted File <sup>29</sup>.

El debris aparece analizado en una investigación realizada por Reddy y Hicks, investigaron la cantidad de debris producido *in vitro* usando instrumentación por Step-back con limas K-Flex, técnica de fuerzas balanceadas con limas Flex-R y con dos técnicas de instrumentación rotatoria accionada por motor usando instrumentos de níquel-titanio de los sistemas Lightspeed y Profile 0.4 Taper Series 29. Como resultado, hallaron que había mayor cantidad extrusión de debris con la técnica Step-back realizada manualmente con limas K-Flex que cualquier otro método de instrumentación, ( $p < 0.0001$ ) y no hubo diferencia significativa en los grupos restantes. Se recomienda el uso de movimientos de fuerzas balanceadas o el uso de sistemas rotatorios para evitar la extrusión de debris <sup>15</sup>.

Tras un proceso laborioso de tratamiento de conductos y obtención del debris a través de dos conformaciones de la constricción apical (intacto y agrandado), el peso obtenido del debris extruido de los dientes con constricción apical intacto fue de 0.404gr y cuando la constricción se agrandó fue de 0.015gr, se encontró una diferencia estadísticamente significativa en el volumen de NaOCl y los desechos extruidos entre las dos mediciones ( $p = 0.05$ ), dando como resultado, que había una mayor extrusión de debris antes del agrandamiento de la constricción apical y esto aunque suene paradójico, puede deberse a la formación de un tapones apicales <sup>15</sup>.

Gracias a la introducción de los instrumentos rotatorios de níquel-titanio (NiTi) ha mejorado la calidad de los tratamientos de endodoncia en términos de efectividad de conformación de los conductos, limpieza y tiempo intraoperatorio, sin embargo, aún puede ocurrir la separación de instrumentos intraconducto, esto genera complicaciones en la terapia endodóntica.

La principal causa de fallo del instrumento rotatorio endodóntico es una carga excesiva de torsión y/o flexión que genera tensiones que superan la capacidad de deformación elástica del instrumento, llevándolo primero a una deformación plástica y después a la fractura.

La relación entre el diseño de la sección transversal y la rigidez torsional aún no es del todo clara, sobre todo, que la relación del diseño de la sección transversal tenga un papel principal en la determinación de la resistencia del instrumento a los esfuerzos de torsión. Existe investigación en donde autores afirman que la geometría tiene un papel importante en términos de rigidez torsional. Así tanto como otros autores investigaron el mismo tema centrándose en parámetros tridimensionales como el volumen/mm y la masa de la sección transversal. Pero en realidad la relación entre la masa de la sección transversal y la resistencia a la torsión aún no está clara <sup>30</sup>.

### **WAVEONE GOLD®**

El sistema WaveOne Gold® de Dentsply, es una lima recíprocante, su forma es de un paralelogramo con 2 filos cortantes, la fabricación es de la tecnología M- Wire <sup>11</sup>. Para la fabricación de las limas WaveOne Gold®, la aleación SE de NiTi se somete a un tratamiento térmico único en un rango de temperatura de aproximadamente 410° a 440° C, bajo tensión constante (3-15 kg). El segundo proceso térmico al que es sometido este instrumento es de un rango de 120°C a 260°C; la temperatura Af de WaveOne Gold está en el rango de 40°C- 60°C. La resistencia a la torsión podría mejorarse debido al diseño de la sección transversal en forma de paralelogramo descentrado. Para el uso de este sistema se debe utilizar a 350 revoluciones por minuto (RPM) <sup>11, 31</sup>. El sistema de WaveOne Gold®, como su nombre lo indica es utilizar una sola lima para hacer la conformación del conducto radicular, cuenta con 4 limas de diferentes conicidad, como lo son: Small: 020/ .07, Primary: 025/ .07, Medium: 035/ .06 y Large: 045/ .05 <sup>32</sup>.

El sistema de limas WaveOne Gold Primary® como muchas otras, han sido evaluadas en múltiples estudios donde se ha comparado la conformación y preservación de la anatomía de los conductos radiculares, destacando la comparativa entre el sistema de la misma casa comercial (Dentsply) Protaper Next, observando que WaveOne Gold® conservó la anatomía radicular en el tercio medio y apical radicular y Protaper Next, tuvo mejores resultados de conservación anatómica en el tercio cervical y apical de dientes extraídos <sup>33</sup>.

Respecto al tema de interés, el sistema WaveOne Gold® también ha sido comparado con otros sistemas en la acción de importancia que es el tratar de no extruir debris hacia los tejidos periradiculares. En un estudio del autor Wojciech Elias y Col., fue evaluada la cantidad de debris extruida por diversos sistemas de limas rotatorias con diferentes cinemáticas de movimiento (recíprocante, rotatorio y adaptativo) en sesenta dientes recientemente extraídos y tal cantidad fue pesada y representada en miligramos en donde finalmente entre los grupos de WaveOne Gold®, Protaper Next y Twisted File Adaptive. WaveOne Gold® fue el sistema con

menor extrusión de debris con un total de 0.305 mg, aunque sin diferencias significativas entre sistemas y esto puede deberse a que los instrumentos tienen centros de rotación desplazados, lo que permite que los restos de dentina se muevan más libremente hacia la parte coronal del conducto radicular.<sup>34</sup>

BlueShaper® es otro sistema de instrumentación. Los instrumentos de sexta generación deben tener características que lo definan como un instrumento moderno, tales como: tratamiento térmico durante su fabricación, esto ayuda a crear una mejor resistencia a la torsión y a la fatiga cíclica, diámetro reducido en coronal, esto ayuda a la conservación de tejido dentinario, mayor flexibilidad, ausencia de memoria, que ayuda a la reducción de transporte apical, y por último la resistencia a la torsión.<sup>35, 32</sup> Hoy en día existen sistemas de sexta generación, como lo es el sistema BlueShaper® (BS), el cual presenta dos aleaciones, esta combinación ayuda a que la lima tenga una mayor flexibilidad, se crea una resistencia a la fatiga cíclica y a la torsión. La aleación Pink Wire presente en la lima Z1 es la que ayuda a tener una mayor resistencia a la torsión y el resto de las limas (Z2- Z7) tiene presente la aleación Blue Wire, la cual aumenta la resistencia a la fatiga cíclica. Este nuevo sistema rotatorio tiene una sección triangular convexa, una conicidad progresiva la cual mejora la eficacia del corte, ayuda a reducir la fricción entre la lima y la dentina y un ángulo helicoidal constante. Este sistema presenta ausencia de memoria de forma, esto permite que la lima se pueda precurvar para poder ingresar a conductos de difícil acceso. El sistema original consta de 4 limas, las cuales son Z1: 14/.02, Z2: 17/.02, Z3: 19/.06 y Z4: 25/.06, se complementa con 3 limas más que son Z5: 30/.06, Z6: 40/.05 y Z7: 50/.05. Este sistema es de movimiento rotatorio continuo, el cual se debe de utilizar el sistema de Z1 y Z2 a 500 RPM y torque de 4, las limas Z3 y Z4 se utilizan a 350 RPM y torque de 4<sup>36</sup>.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A lo largo de la historia de la endodoncia se han implementado nuevos sistemas rotatorios, inicialmente con instrumentos de acero inoxidable, posteriormente se introdujeron los instrumentos NiTi que con el pasar del tiempo, fueron implementando mejoras en la parte estructural de los instrumentos constituyendo diferentes generaciones.

Existen diversos sistemas de limas rotatorias y reciprocantes en el mercado endodóntico, sistemas como *BlueShaper*® de Zarc ha sido de gran interés, ya que este es el primer sistema de dos aleaciones de última generación. En la literatura se ha reportado el sistema reciprocante de *WaveOne Gold*® de Dentsply, el cual es considerado el gold estándar de la instrumentación reciprocante.

En la bibliografía existen reportes en los que se comparan sistemas rotatorios para la cuantificación la cantidad de debris dentinario que se forma al realizar la instrumentación de conductos radiculares y cuanto de este se extruye, actualmente en los artículos de investigación enfocados en los sistemas rotatorios, no se ha encontrado alguno que hable de limas de sexta generación del sistema de *BlueShaper*®, debido a que este sistema de limas es relativamente nuevo; recientemente en México se ha introducido, es por eso que se tienen algunas dudas sobre este sistema como por ejemplo:

## **PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

¿Qué sistema de instrumentación mecánica de limas extruye menos debris, *BlueShaper*® o *WaveOne Gold Primary*®?

¿Qué sistema de instrumentación tiene más crecimiento bacteriano, después de haber sido instrumentados y haber hecho ciclos de irrigación?

## JUSTIFICACIÓN

Hoy en día hay muchos sistemas rotatorios, que tienen sus propias particularidades, existen diferentes generaciones, sistemas, materiales, tipos de cortes, conicidad, etc. Actualmente en México se han introducido nuevos sistemas como es el caso de las limas *BlueShaper*® de la casa comercial Zarc. Para este nuevo sistema que es de sexta generación no se cuenta con artículos publicados sobre el sistema porque es relativamente nuevo, sólo cuenta con pocos reportes de casos clínicos en los cuales describen la metodología que usaron para instrumentar al momento de abordar el caso. De este nuevo sistema de limas rotatorias es necesaria su evaluación, para determinar si tiene las aportaciones y características ideales como sistema rotatorio que cause una extrusión apical de proporciones mínimas.

Los resultados de esta investigación permitirán observar, comparar e identificar la relación entre dos sistemas de instrumentación endodóntica rotatoria y resaltar si instrumentos de más reciente generación favorecen a la más reducida presencia de bacterias y extrusión de debris para así, favorecer al endodoncista en obtener éxito en los tratamientos de conductos a largo plazo.

La importancia de estudios sobre las nuevas generaciones de limas, es relevante para facilitar y lograr el éxito al finalizar el tratamiento de conductos, por lo que en este estudio se analiza el comportamiento de las limas de última generación, *BlueShaper*®.

## **HIPÓTESIS**

### **Hipótesis científica o del investigador (Hi):**

La instrumentación con el sistema rotatorio BlueShaper® extruye menos de debris y elimina mayor cantidad de bacterias dentro de los conductos radiculares comparado con las limas WaveOne Gold Primary®.

### **Hipótesis nula o hipótesis estadística (Ho):**

No existe diferencia con el sistema WaveOne Gold Primary® y el sistema BlueShaper® en cuanto a la extrusión de debris y eliminación de bacterias de los conductos radiculares.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Comparar las evidencias de extrusión de debris y la eliminación de bacterias remanentes dentro de conductos radiculares después de la instrumentación con los sistemas rotatorios BlueShaper® de Zarc y el sistema reciprocante WaveOne Gold Primary®.

### **Objetivo específico**

1. Identificar evidencias de extrusión de debris después de la instrumentación en conductos uniradicales con limas BlueShaper® de la Z1 a Z4.
2. Identificar evidencias de extrusión debris después de la instrumentación en conductos uniradicales con el sistema de limas reciprocante WaveOne Gold Primary®.
3. Identificar un crecimiento bacteriano después del uso de limas WaveOne Gold Primary® en conductos radiculares instrumentados.
4. Identificar un crecimiento bacteriano después del uso de limas BlueShaper® de Zarc en conductos radiculares instrumentados.
5. Identificar evidencias de extrusión debris después de la instrumentación en conductos radiculares con limas manuales.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Diseño del estudio

- Por su objetivo: Comparativo.
- Por asignación de maniobras: *Quasi Experimental in vitro*.
- Por temporalidad: Transversal.
- Por captura de la información: Prospectivo.

### Muestra

#### Diseño de muestreo

Muestra calculada probabilística no aleatoria.

Error tipo I= .05

Nivel de confianza= 95%

Error tipo II= .20

Poder estadístico= 80%

**N= 68**

#### Tamaño de la muestra

$$n = \frac{(Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 * (S_1^2 + S_2^2)}{(X_1 - X_2)^2}$$

Estratificado en dos grupos experimentales (A y B), donde N= 68, divididos entre los grupos experimentales y uno control (n=13).

### **Universo del estudio**

Órganos dentarios uniradiculares y/o raíces distales en molares inferiores y raíces palatinas en molares superiores.

### **Criterios de selección**

Órganos dentarios uniradiculares, premolares, raíces distales de molares inferiores y raíces palatinas en molares superiores, indicados para su extracción por motivos terapéuticos, por ortodoncia.

### **Criterios de inclusión**

- Conductos rectos.
- Conductos sin tratamiento de conductos previos.
- Conductos permeables.
- Ápices cerrados.

### **Criterios de exclusión**

- Fractura del instrumento durante el tratamiento.
- Dientes extraídos con raíz fracturada, conductos calcificados, resorción radicular.
- Contaminación de la muestra durante el procedimiento experimental.

### **Criterios de eliminación**

Instrumentos separados dentro del conducto.

## VARIABLES

### Definición conceptual de variables

- **Limas BlueShaper®:** Sistema rotatorio NiTi de 6ª generación con aleación Pink & Blue.
- **Limas WaveOne Gold Primary®:** Sistema reciprocante con aleación Gold.
- **Limas manuales:** Instrumentos manuales de NiTi.
- **Debris:** Capa amorfa que se forma después de la instrumentación químico mecánico.
- ***Enterococcus faecalis*:** Bacteria facultativa Gram + que por su tamaño es capaz de penetrar al interior de los túbulos dentinarios y el cdc.

### Definición operacional de variables

VARIABLE	Nivel de dependencia	Naturaleza	Escala de medición	Tratamiento estadístico
<b>Limas BlueShaper®</b>	<b>Independiente</b>	Nominal	Grupo BS	
<b>Limas WaveOne Gold Primary®</b>	<b>Independiente</b>	Nominal	WOG	
<b>Limas Manuales</b>	<b>Independiente</b>	Nominal	Manuales	
<b>Debris</b>	<b>Dependiente</b>	Nominal dicotómica	1= Si 2= No	Distribución de frecuencias  X <sup>2</sup> de independencia
<b><i>Enterococcus faecalis</i></b>	<b>Dependiente</b>	Nominal dicotómica	1= Si 2= No	Distribución de frecuencias  X <sup>2</sup> de independencia

## **Espacio temporal**

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de microbiología oral de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla de enero 2024 a abril 2024.

## TÉCNICA Y PROCEDIMIENTO

Se recolectaron los órganos dentarios humanos extraídos de los pacientes que quisieron participar en el estudio y hayan firmado el consentimiento informado (Anexo 1) para donarlos, estos órganos dentarios cumplieron con los criterios de inclusión mencionados anteriormente. Dichos órganos dentarios conservaron su integridad radicular, estos especímenes se lavaron y se desinfectaron con una gasa con hipoclorito de sodio (NaOCl). La superficie radicular se limpió con ultrasonido para eliminar cualquier residuo orgánico. Posteriormente se almacenaron en cloruro de sodio al 0.9%, hasta el momento del estudio y conservados a temperatura ambiente.

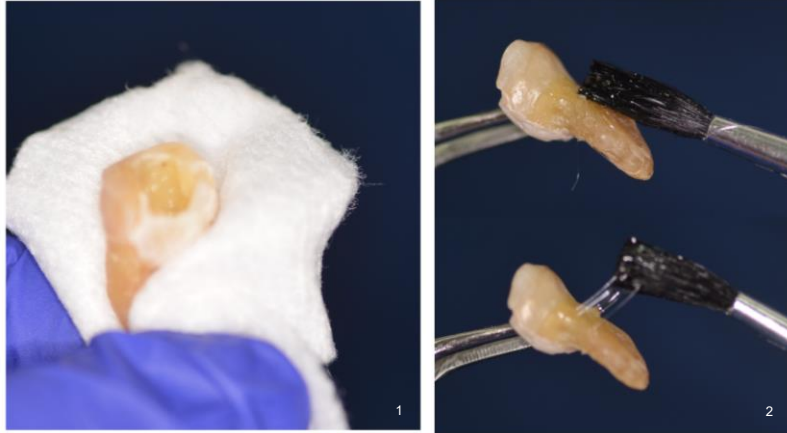
Por medio de radiografías periapicales se confirmó la presencia de conductos radiculares sin tratar, que el ápice estuviera cerrado y que el conducto radicular estuviera permeable.

Se removió la corona clínica del órgano dentario con un disco de diamante, para estandarizar la longitud de trabajo de los dientes, que fue de 16mm. Los órganos dentarios en caso de no ser unirradiculares, si es una primera molar superior se seccionó la raíz palatina para que sea la instrumentada, en caso de molares inferiores fueron las raíces distales.



**Imagen 1.** Obtención y descontaminación de las muestras, para su medición y decoronación con disco de diamante.

Antes de montar los órganos dentarios, se desinfectó la superficie del área a trabajar, que fue dentro de la campana de flujo laminar. Los órganos dentarios antes de haber sido montados en la tapa de tubos de Eppendorf de 2ml estériles, se desinfectaron con una gasa estéril empapada en etanol al 70%, se dejó secar y se selló la raíz con barniz epóxico.



**Imagen 2.** Gasa estéril con etanol al 70%. **Imagen 3.** Sellado de raíz con barniz epóxico.

Los tubos fueron identificados con códigos numéricos para poder tener una mejor clasificación dependiendo que sistema de instrumentación que se utilizó. Se montaron los órganos dentarios en los tubos de Eppendorf y fueron sellados con un cautín.



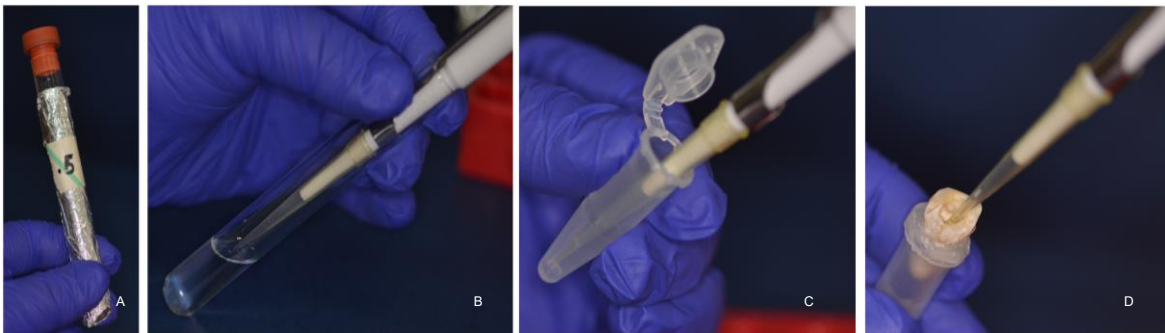
**Imagen 4.** Sellado del tubo Eppendorf con cautín.

Con un asa bacteriológica se raspó la bacteria *E. faecalis* previamente sembrada en agar de Müller Hinton, para llevarla dentro del tubo estéril con cloruro de sodio al 0.9%, se agitó para verificar la turbidez en el vórtex a la máxima potencia en el modo *Touch*.



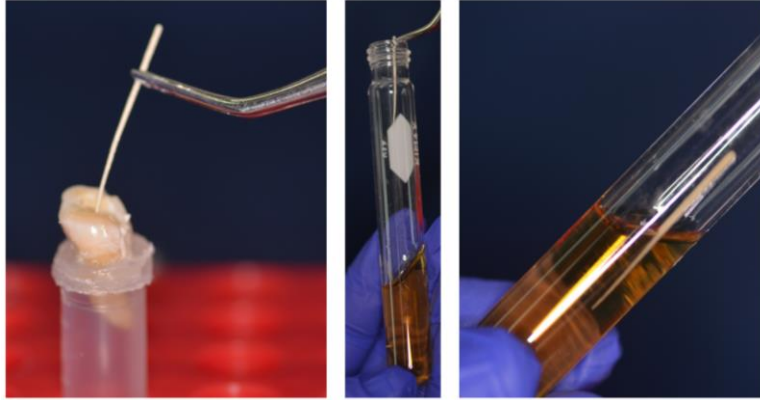
**Imagen 5.** A) Se calienta el asa hasta que cambie su color al rojo vivo. B) Se enfría dentro del agar, para después raspar alguna colonia de la bacteria *E. faecalis*. C) La flecha gris señala la colonia de la bacteria en el asa.

En otros tubos de Eppendorf estériles, se tomó un 1ml de la mezcla previa del cloruro de sodio al 0.9% + *E. faecalis*, y se agregó junto con 7microlitros ( $\mu\text{L}$ ) de solución de McFarland al 0.5%. Se tomó 1ml de esta mezcla con pipeta y se inoculó en el órgano dentario. Se incubó por 24 horas.



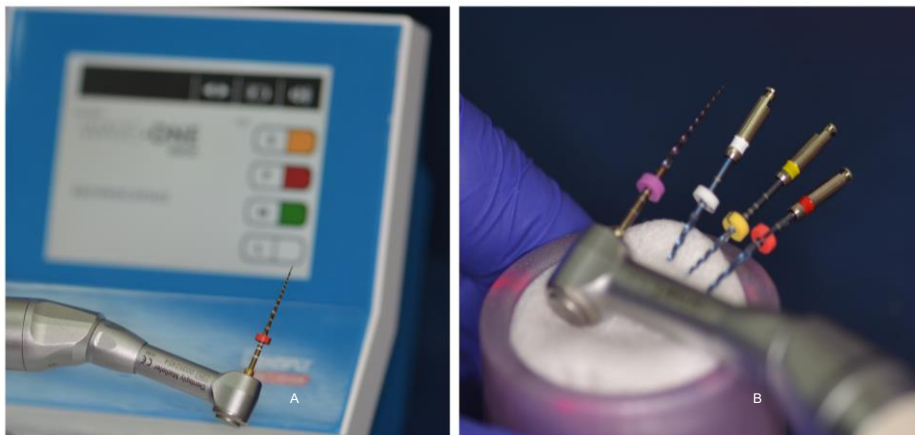
**Imagen 6.** A) Nefelómetro de McFarland al 0.5%. B) Se toma 7 $\mu\text{l}$  del nefelómetro de McFarland para ser depositado en un tubo de Eppendorf, el cual ya contenía 1ml de solución salina + *E. faecalis*. C) Esta mezcla se inocula en el órgano dentario y se deja incubar por 24hrs.

Pasadas estas 24 horas, previo a la instrumentación, se introdujo una punta de papel #25 estéril al órgano dentario para después colocar dicha punta de papel en BHI e incubar por 24 horas; esto para verificar que la bacteria quedó viable dentro del órgano dentario.



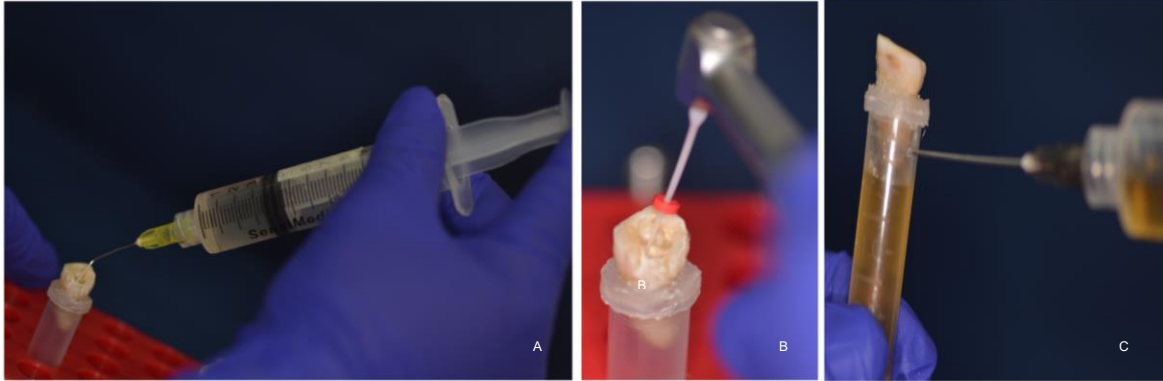
**Imagen 7.** Previo a la instrumentación se introduce una punta de papel estéril #25 y se coloca en BHI, se deja incubar por 24hrs.

Después de haber sido estandarizado a 16mm, fueron tratados con una lima K #10 para su longitud de trabajo. Se dividió en 3 grupos, el primer grupo se instrumentó con el sistema rotatorio de BlueShaper® de Zarc de la Z1 a Z4, el segundo grupo de órganos dentarios se instrumentó con el sistema recíprocante de WaveOne Gold Primary® y el tercer grupo es el grupo control, se instrumentó con limas manuales tipo K de la lima #15 a la #35 con técnica Step-back. La irrigación de los órganos dentarios fue con hipoclorito de sodio a su máxima concentración con una jeringa de 5mL, la presión se hizo con ayuda del dedo índice.



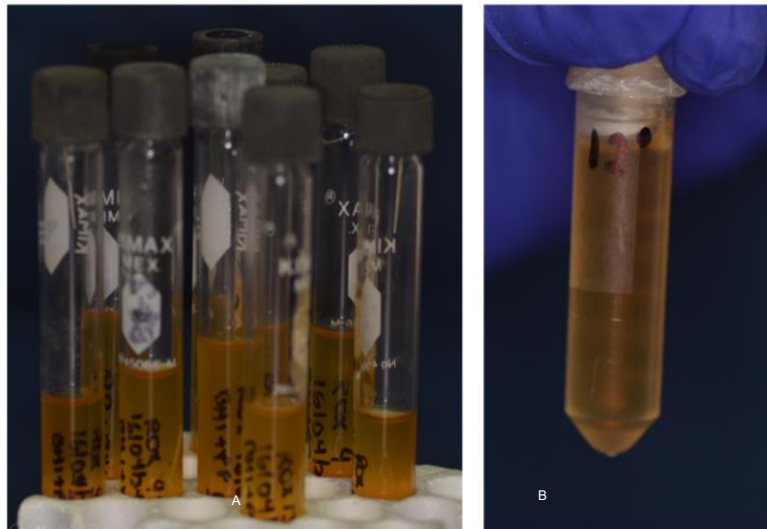
**Imagen 8.** A) Lima WaveOne Gold Primary. B) Sistema BlueShaper de la Z1 a la Z4.

Se realizaron ciclos de irrigación final, se activó el hipoclorito de sodio en 3 ciclos de 20 segundos cada uno (un minuto), con la punta finishing file® de Zarc, a 800rpm torque 2, posteriormente se irrigó con solución salina y se dejó 1 minuto de EDTA, se colocó teflón y provisit. Se inyectó en el tubo de Eppendorf, BHI y se dejó incubar por 24hrs en la incubadora a 37°C.



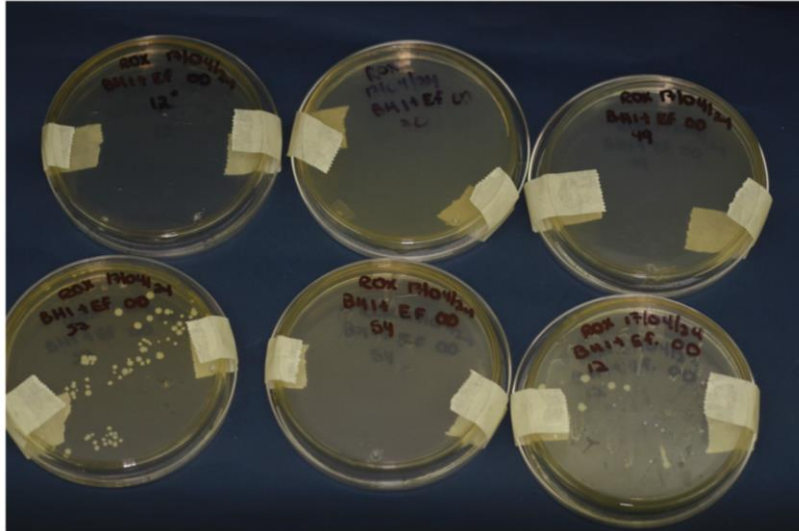
**Imagen 9.** A) Irrigación con NaOCl a su máxima concentración. B) Activación del NaOCl con la punta finishing file® de Zarc. C) Inyección de BHI para ser incubado 24hrs.

Pasadas las 24 hrs, se observó si hubo crecimiento en los tubos de BHI con las puntas de papel. También se desmontó el órgano dentario con ayuda de una pinza de hemostasia Mosco recta 6B, para poder introducir un asa dentro del tubo de Eppendorf con BHI para hacer el sembradío en cajas Petri con agar Müller Hinton y encubar 24hrs.



**Imagen 10.** 24 horas después de ser incubados. A) Tubos con BHI y puntas de papel con crecimiento bacteriano. B) Tubo de Eppendorf sin crecimiento bacteriano.

Al día siguiente de haber hecho el sembradío en cajas Petri, se observó la presencia o la ausencia de crecimiento bacteriano de unidades formadoras de colonias que quedaron presentes después de haber sido instrumentado e irrigado los conductos radiculares con estos dos sistemas de instrumentación dependiendo el grupo al que pertenezcan.



**Imagen 11.** Cajas Petri de Agar Müller 24 horas después de haber sido sembrada.

Estos resultados fueron reportados en una hoja de Excel para obtener la distribución de frecuencias de conductos tratados con cada sistema y los resultados de cada prueba que existe entre un sistema rotatorio y uno reciprocante; estos resultados fueron ingresados al programa de GrandPad Prism para sacar la estadística.

## Análisis estadístico

Las variables cuantitativas fueron analizadas bajo los parámetros de la estadística descriptiva para después establecer las diferencias entre grupos con la prueba de  $X^2$  independencia con la corrección de Yates, con el programa estadístico GraphPad Prism.

## Logística

### Recursos humanos

Docentes del comité tutorial.

### Recursos materiales

94 paquetes de limas:

34 blisters de BlueShaper®

34 blisters de WaveOne Gold Primary®

13 blisters de limas manuales de la primera serie

13 blisters de limas manuales de la segunda serie

- |              |              |                      |
|--------------|--------------|----------------------|
| - Motor      | - Regla      | - Barniz             |
| - Cautín     | - Pinzas del | - epóxico            |
| - Llave del  | - básico     | - Pincel             |
| - tornillo   | - NaOCl      | - Plumón             |
| - Portalimas | - Jeringas   | - Teflón             |
| - Gasas      | - EndoEze    | - Provisit           |
| - estériles  | - Solución   | - Cajas Petri        |
| - Cubreboca  | - salina     | - Puntas de          |
| - Guantes    | - EDTA       | - papel #25          |
| - Campos     | - Limas      | - estériles          |
| - Lentes     | - manuales   | - <i>E. faecalis</i> |
| - Bata       | - Limas      | - Infusión           |
| - Gorro      | - BlueShaper | - cerebro            |
| - Tubos      | - ®          | - corazón            |
| - Eppendorf  | - Limas      | - (BHI)              |
| - de 2ml y   | - WaveOne    | - Agar               |
| - 1ml        | - Gold       | - Müeller            |
| - Dientes    | - Primary®   | - Hinton             |
| - Explorador | - Bolsa roja | - Tupper             |
| - de         | - Etanol 70% | - herméticos         |
| - conductos  |              | - Unicel             |

- Cera
- Puntas finishing files

### **Recursos financieros**

El costo fue \$62,700.00 (sesenta y dos mil setecientos pesos, cero centavos) que fueron sufragados por la alumna tesista y gracias a la beca CONAHCYT.

### **Bioética**

En observancia de los criterios contenidos en la Declaración de Helsinki, se conservó el anonimato de los donadores de los órganos dentarios en razón de que la muestra será recabada por donación voluntaria de pacientes que hayan tenido indicación de exodoncias por tratamiento integral de restauración de la forma y función.

La conservación de la muestra no incluyó elementos contaminantes con el medio ambiente. Las muestras serán conservadas para otro tipo de estudios y con fines didácticos.

La Norma Oficial Mexicana **NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002**, establece la clasificación de los residuos peligrosos biológico-infecciosos, así como las especificaciones para su manejo <sup>37</sup>.

## RESULTADOS

### Extrusión

En el presente estudio se evaluó la extrusión de debris asociada al uso de sistemas de instrumentación endodóntica, comparando específicamente el sistema rotatorio y el sistema recíprocante, en contraste con un grupo control que utilizó limas manuales. Los sistemas comparados incluyeron el sistema recíprocante WaveOne Gold Primary® y el sistema rotatorio BlueShaper®.

El programa utilizado para realizar la estadística de este estudio fue el de GrandPad Prism.

En la tabla 1 aparece la distribución de frecuencias de los casos de extrusión.

**Tabla 1.** Distribución de la muestra.

	Extruyó	Porcentaje	No extruyó	Porcentaje
<b>BlueShaper (BS)</b>	13	38.23%	21	61.76%
<b>WaveOne Gold (WOG)</b>	19	55.88%	15	44.11%
<b>Manuales</b>	0	0%	13	100%

Fuente: Propia.

Para el análisis estadístico de los datos categóricos, se empleó el test de Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ). Este análisis resultó en un valor de  $\chi^2 = 12.33$  con dos grados de libertad y un valor p de 0.0021. Este resultado permite rechazar la hipótesis nula de que no existen diferencias significativas en la extrusión de debris entre los diferentes sistemas de instrumentación evaluados, con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ).

**Tabla 2.** Tabla de contingencia de Chi cuadrada.

Contingencia	
<b>Tabla de análisis</b>	<b>Extrusión</b>
<b>Chi cuadrada</b>	
Chi cuadrada, df	12.33, 2
Valor de P	0.0021
Resumen del valor de P	**
Uno o dos lados	NA
¿Estadísticamente significativo? ( $\alpha < 0.05$ )	Si
<b>Datos analizados</b>	
Número de filas	3
Número de columnas	2

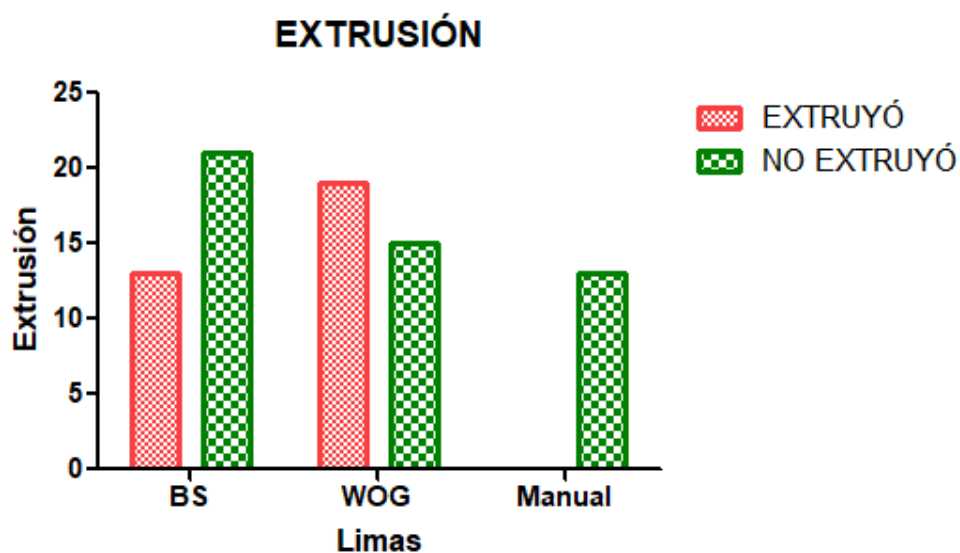
Fuente: Propia.

En la representación gráfica del estudio, se detalla la distribución de la extrusión de debris entre los tres grupos evaluados: BlueShaper® (BS), WaveOne Gold

Primary® (WOG) y el grupo control que utilizó limas manuales. Este análisis visual refuerza los resultados cuantitativos obtenidos y proporciona una comparación clara entre los métodos de instrumentación mecánica y manual.

En el grupo tratado con el sistema BlueShaper®, se observó extrusión de debris en 13 de los 34 conductos radiculares, mientras que en 21 conductos no se presentó extrusión. Por otro lado, en el grupo que utilizó el sistema WaveOne Gold Primary®, se registró extrusión de debris en 19 conductos, contrastando con 15 conductos donde no hubo evidencia de extrusión. El grupo control, el cual empleó limas manuales, no se observó extrusión de debris en ninguno de los conductos radiculares tratados.

**Gráfica 1. Gráfica de extrusión de debris de los tres grupos**



Fuente: Propia. Representa la extrusión o no de cada lima: BlueShaper® (BS) 13 si hubo extrusión y 21 no hubo extrusión, WaveOne Gold Primary® (WOG) 19 si hubo extrusión y 15 no hubo extrusión, manuales 0 si no extruyó y 13 no extruyó.

### **Crecimiento bacteriano de *Enterococcus faecalis***

Se realizó una evaluación del crecimiento bacteriano tras 24 horas de incubación. Las muestras fueron recolectadas después de la instrumentación y haber hecho los ciclos de irrigación de los conductos radiculares, utilizando tres diferentes técnicas: manual, WaveOne Gold Primary® y BlueShaper®. Posteriormente, las muestras fueron inyectadas en caldo de infusión cerebro corazón (BHI) por 24 horas para posteriormente ser cultivadas en placas de Petri e incubadas por 24 horas.

Los resultados indicaron que, en el grupo instrumentado manualmente, no se observó crecimiento bacteriano en ninguna de las placas de Petri. En contraste, en el grupo tratado con el sistema WaveOne Gold Primary®, se detectó crecimiento

bacteriano en 20 de las placas, mientras que en el grupo tratado con BlueShaper®, se observó crecimiento en 11 placas.

**Tabla 3.** Distribución de frecuencias del crecimiento bacteriano.

	<b>Creció</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>No creció</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>BlueShaper (BS)</b>	11	32.35%	23	67.64%
<b>WaveOne Gold (WOG)</b>	20	58.82%	14	41.17%
<b>Manuales</b>	0	0%	13	100%

Fuente: Origen de los datos. Fuente: Propia.

**Tabla 4.** Tabla de contingencia de Chi cuadrada de crecimiento bacteriano de *Enterococcus faecalis*.

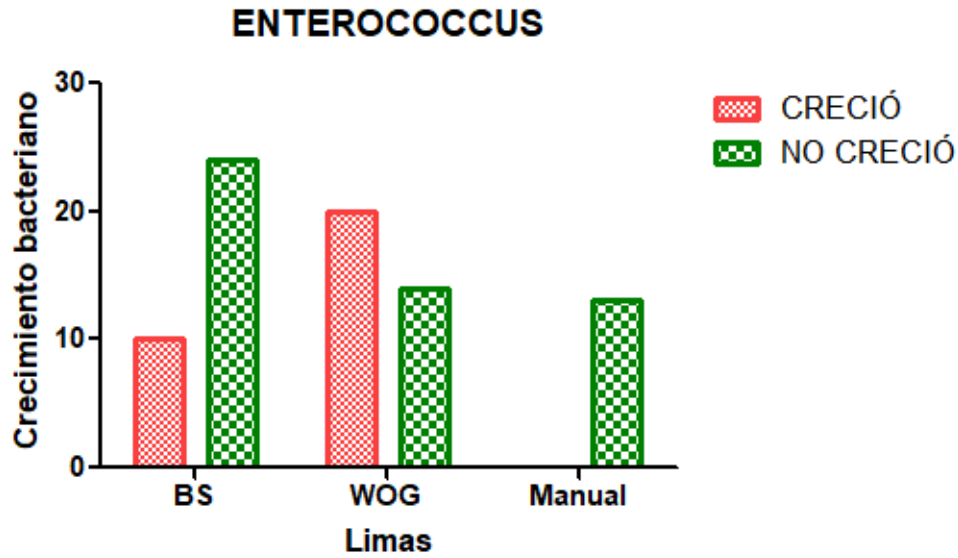
<b>Contingencia</b>	
<b>Tabla de análisis</b>	<b>Enterococcus faecalis</b>
<b>Chi cuadrada</b>	
Chi cuadrada, df	15.42, 2
Valor de P	0.0004
Resumen del valor de P	***
Uno o dos lados	NA
¿Estadísticamente significativo? ( $\alpha < 0.05$ )	Si
<b>Datos analizados</b>	
Número de filas	3
Número de columnas	2

Fuente: Propia.

La representación gráfica del estudio, se observa la distribución del crecimiento bacteriano entre los tres grupos evaluados: BlueShaper® (BS), WaveOne Gold Primary® (WOG) y el grupo control que utilizó limas manuales. Esta grafica refuerza los resultados cuantitativos obtenidos y proporciona una comparación clara entre los métodos de instrumentación mecánica y manual.

En el grupo tratado con el sistema BlueShaper®, se observó crecimiento bacteriano en 11 de las 34 cajas Petri, mientras que en 23 placas de Agar Müeller Hinton no se presentó crecimiento. Por otro lado, en el grupo que utilizó la lima WaveOne Gold Primary®, se registró crecimiento bacteriano en 20 cajas Petri, contrastando con 14 placas donde no hubo evidencia de crecimiento. El grupo control, el cual empleó limas manuales, no se observó crecimiento bacteriano en ninguna de las placas de Agar Müeller Hinton.

**Gráfica 2. Presencia o ausencia de crecimiento bacteriano**



Fuente: Propia. Representa el crecimiento o ausencia bacteriano dependiendo el sistema de limas: BlueShaper® (BS) 11 si crecimiento bacteriano y 23 no, WaveOne Gold Primary® (WOG) 20 cajas Petri si existió crecimiento bacteriano y 14 hubo ausencia, en las limas manuales 13 no hubo crecimiento bacteriano.

## DISCUSIÓN

Hou, *et al.* (2017), menciona en un estudio de metaanálisis la eficacia de los instrumentos rotatorios y reciprocantes en la reducción de endotoxinas y bacterias en conductos radiculares infectados. A pesar de que se encontró que ambos sistemas lograron resultados similares en este aspecto, es importante considerar cómo esta eficacia puede influir en la incidencia de dolor post-endodóntico. La discusión sobre la generación de debris y la extrusión apical cobra relevancia al comparar los sistemas rotatorios y reciprocantes, dado que los instrumentos rotatorios proporcionan un pasaje para la eliminación de debris, lo que puede reducir la extrusión apical y la severidad del dolor post-operatorio, es crucial evaluar cómo estos factores impactan en la experiencia del paciente y en la gestión del dolor postratamiento <sup>38</sup>. En este caso si hubo diferencias significativas en cuanto al sistema reciprocante vs el rotatorio.

De acuerdo con el estudio de Caviedes Bucheli *et al.* en este estudio se encontró que los sistemas de limas rotatorias generaban menos extrusión de debris apical en comparación con los sistemas de limas reciprocantes. Específicamente, se observó una tendencia a una mayor extrusión de debris con los sistemas de limas reciprocantes de lima única en comparación con los sistemas de limas rotatorias de secuencia completa. Por lo tanto, en términos de reducción de la extrusión de debris apical, los sistemas de limas rotatorias podrían considerarse más favorables en comparación con los sistemas de limas reciprocantes de lima única según los resultados del estudio.<sup>39</sup> Clark y colaboradores, evidenciaron que los microorganismos viables presentes en los túbulos dentinarios pueden emplear la capa de lodillo como un hábitat para su crecimiento y replicación <sup>40</sup>.

Respecto a la irrigación en este estudio, fue convencional mediante jeringa la cual se emplea habitualmente como un método estándar de limpieza; sin embargo, se considera poco efectiva e insuficiente para realizar una limpieza completa de la microestructura de todo el sistema de conductos radiculares. La capacidad de eliminar el lodillo y desinfectar los túbulos dentinarios resulta limitada, especialmente en conductos de forma estrecha o curva, conductos accesorios, áreas apicales ramificadas, istmos y bifurcaciones <sup>41,42</sup>. A pesar de que se realizaron los ciclos de irrigación, aún así, existió crecimiento bacteriano, hubo más crecimiento en el sistema de una sola lima, WaveOne Gold Primary®, con crecimiento bacteriano en 20 cajas Petri de 34, mientras que el sistema BlueShaper® solo tuvo crecimiento en 11 cajas Petri.

En el marco de la revisión bibliográfica preliminar para esta investigación, se constató que la inoculación con infusión cerebro corazón (BHI) en órganos dentarios es un tema recurrente en la mayoría de los artículos consultados. Conforme a los métodos y materiales descritos en estas publicaciones, se ejecutaron pruebas piloto que arrojaron resultados adversos caracterizados por la extrusión del medio de inoculación, incluso sin realizar instrumentación previa. Dicha extrusión se presentó

de manera inmediata post-inoculación en algunos casos, aún cuando los órganos dentarios poseían ápices cerrados, y en otros casos, tras 24 horas de incubación antes de la instrumentación, evidenciándose extrusión en los tubos de Eppendorf.

Estos hallazgos preliminares llevaron a la hipótesis de que el método de almacenamiento de las muestras podría influir en los resultados observados. Por ende, se optó por utilizar órganos dentarios recién extraídos, los cuales fueron limpiados con gasas impregnadas de hipoclorito de sodio (NaOCl) y almacenados en cloruro de sodio al 0.9%, comúnmente conocido como solución salina. Esta modificación en el protocolo de almacenamiento se contrapuso al método previo que utilizaba agua bidestilada, donde se había observado la misma problemática de extrusión.

A pesar de que la extrusión continuó presentándose en menor medida con el nuevo método de almacenamiento, se procedió a realizar pruebas piloto adicionales inoculando con solución salina y *Enterococcus faecalis*. Los resultados de estas últimas pruebas fueron favorablemente distintos, no observándose extrusión post-inoculación. Este cambio en la dinámica de los resultados sugiere un efecto significativo del medio de almacenamiento y las condiciones de inoculación en la integridad estructural y funcional de los órganos dentarios en estudio.

Desde 2012 Infante, menciona el método de solución salina como medio de cultivo en bacteriemias nosocomiales, también menciona la inoculación con *E. faecalis*; en este artículo, hubo diferencias con respecto al este estudio, en cuanto a las temperaturas de incubación y el número de unidades formadoras de colonias. En este estudio a diferencia del artículo, la bacteria sobrevivió a las 24 horas con la solución salina <sup>43</sup>.

En este estudio la inoculación fue de  $1.5 \times 10^8$  de *Enterococcus faecalis*, a diferencia del estudio de Moradi en su estudio del 2021, menciona que fue similar el proceso de almacenamiento de los órganos dentarios, ya que fue en solución salina hasta el inicio del experimento. Se preparó una suspensión fresca de *Enterococcus faecalis* y se ajustó la concentración a  $1.0 \times 10^6$  unidades formadoras de colonias por mililitro <sup>44</sup>.

En cuanto al uso de solución salina al 0.9% (isotónica): Es cloruro de sodio al 0.9% en agua, es isotónica con respecto a los fluidos corporales humanos. Esto significa que tiene la misma concentración de solutos (en este caso, sal) que las células y los tejidos del cuerpo humano. Cuando los tejidos dentales se almacenan en una solución isotónica como la solución salina, las células mantienen su volumen y forma normales porque no hay un gradiente de concentración significativo que cause el movimiento de agua hacia adentro o hacia afuera de las células. Esto ayuda a preservar la integridad y la funcionalidad de los tejidos dentales durante el almacenamiento <sup>45</sup>.

El agua bidestilada, al ser altamente purificada y libre de solutos, es una solución hipotónica en relación con los tejidos humanos. Esto significa que tiene una concentración de solutos menor que la de las células de los tejidos dentales. Cuando los tejidos se almacenan en agua bidestilada, el agua tiende a moverse hacia las células, siguiendo el gradiente osmótico, para equilibrar la diferencia de concentración. Esto puede causar que las células se hinchen y, eventualmente, lisen (se rompan). Esto es particularmente dañino para los tejidos dentales, ya que puede alterar su estructura y funcionalidad, llevando a la desorganización celular y la ruptura tisular <sup>45</sup>.

Almacenar tejidos dentales en agua bidestilada puede llevar a la lisis celular debido a la hipotonicidad del medio, lo cual no es ideal para la preservación de la estructura y función del tejido. En contraste, la solución salina isotónica ayuda a mantener la integridad celular al evitar los cambios osmóticos extremos que pueden causar daño o degradación celular. Para el almacenamiento de tejidos dentales, es preferible usar solución salina al 0.9% en lugar de agua bidestilada, debido a su compatibilidad osmótica con los tejidos humanos, lo que favorece la preservación tisular adecuada.

Este estudio puede constituirse como precursor en la aplicación de la técnica aquí descrita, así como del instrumento que fue adaptado para garantizar la ausencia de sesgo y movilidad durante la instrumentación.

La investigación presente podría inaugurar un campo de estudio enfocado en las limas de última generación que se utilizan cotidianamente en la práctica clínica, sobre las cuales aún existe limitada información disponible. Una línea de investigación futura podría enfocarse en el sistema recíprocante de la casa comercial Zarc, utilizando las limas Excalibur. Este enfoque permitiría un análisis detallado de dicho sistema, que también pertenece a la sexta generación de limas endodónticas. Este estudio proporcionaría datos valiosos sobre las capacidades y eficacia de estas limas en procedimientos clínicos, contribuyendo significativamente al conocimiento actual sobre instrumentación endodóntica avanzada.

Otro factor importante a considerar son las características de los sistemas rotatorios (BlueShaper®) es un sistema que consta de cuatro limas y el de WaveOne Gold Primary® consta de una sola lima fue el mismo ciclo de irrigación. Los resultados ponen en evidencia que WaveOne Gold Primary® tuvo mayor número de crecimientos bacterianos a las 24 horas después de la instrumentación y la irrigación final. Se estableció una relación entre la eliminación del lodillo dentinario y la mejora en la reparación de lesiones periapicales, destacando así la importancia crítica de su remoción completa durante el tratamiento endodóntico <sup>46, 47</sup>. Dado que el lodillo contiene una combinación de materiales inorgánicos y orgánicos, se recomienda emplear una secuencia de hipoclorito de sodio y un agente quelante o ácido para disolver el componente inorgánico<sup>48</sup>. La práctica óptima implica realizar una irrigación final con una solución de EDTA al 17%, seguida por hipoclorito de sodio al 6% <sup>46, 49</sup>.

Resultados similares a este estudio lo obtuvo en 2016, Neves y colaboradores, mencionan que tanto el sistema recíprocante de lima única como los sistemas rotatorios de secuencia completa fueron altamente efectivos en la reducción bacteriana, sin encontrar diferencias significativas entre ellos en términos de eficacia antibacteriana <sup>50</sup>.

Una sugerencia para futuras investigaciones en cuanto al uso de un solo instrumento, permitirá optimizar el tiempo de trabajo al introducir una sola lima y no que sean varias como algunos sistemas, se podría reforzar con más ciclos de irrigación.

Debido a que en este estudio el grupo control no tuvo extrusión ni crecimiento bacteriano, se podría deducir que las limas manuales son las indicadas para instrumentar todos los órganos dentarios, pero Buldur y colaboradores en el 2018, mencionan que las limas manuales pueden no ofrecer la misma eficacia de limpieza y conformación que las limas rotatorias o sistemas de limas más avanzados. Estudios previos han demostrado que las limas manuales pueden ser menos eficaces en la eliminación de tejido pulpar infectado y debris intraconducto en comparación con las limas rotatorias <sup>51</sup>.

Futuras investigaciones podrían emplear el microscopio electrónico de barrido para analizar el estado de las paredes del conducto radicular tras la instrumentación con estos sistemas. Además, sería factible explorar los conductos radiculares curvos, para aprovechar las ventajas de flexibilidad y resistencia a la torsión que ofrece el sistema de instrumentación empleado. Asimismo, se propone ampliar el periodo de observación en futuros estudios, evaluando los resultados no solo a las 24 horas, sino también a las 48 y 72 horas post-instrumentación.

## CONCLUSIÓN

Se concluye que las limas rotatorias BlueShaper® mostraron un desempeño superior en términos de la extrusión de residuos y el crecimiento bacteriano en comparación con el sistema reciprocante WaveOne Gold Primary®. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de estudio.

Las limas rotatorias BlueShaper® demostraron una menor extrusión de residuos, lo que sugiere que el tratamiento de conductos utilizando este sistema rotatorio podría tener un pronóstico más favorable. En contraste, la lima WaveOne Gold Primary® exhibió un mayor crecimiento bacteriano en comparación con el sistema rotatorio, indicando la necesidad de realizar más ciclos de irrigación.

El presente estudio acepta la hipótesis del investigador (Hi), que indica: “La instrumentación con el sistema rotatorio BlueShaper® extruye menos de debris y elimina mayor cantidad de bacterias dentro de los conductos radiculares comparado con las limas WaveOne Gold Primary®.”

El presente estudio introdujo un innovador método de inoculación utilizando órganos dentarios con solución salina y *Enterococcus faecalis*, abriendo nuevas avenidas en la comprensión de la patogénesis bacteriana en contextos odontológicos. A través de la meticulosa implementación de este protocolo, hemos observado que la solución salina proporciona un medio viable para el cultivo de *Enterococcus faecalis* en un entorno controlado y reproducible dentro de los órganos dentarios, lo cual es crucial para estudios futuros sobre infecciones endodónticas. Además, dado el limitado cuerpo de literatura disponible sobre técnicas innovadoras de inoculación en órganos dentarios, este estudio contribuye significativamente al conocimiento científico, proveyendo un fundamento para la exploración futura y la validación de métodos similares en entornos clínicos y de investigación.

## Bibliografia

1. Karamifar K, Tondari A, Saghiri MA. Endodontic periapical lesion: An overview on the etiology, diagnosis and current treatment modalities. *Eur Endod J* [Internet]. 2020;5(2):54–67. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14744/eej.2020.42714>
2. Haapasalo M. & Shen Y. Evolution of nickel–titanium instruments: from past to future. *Endodontic Topics*. 2013; 29: 3-17.
3. Jena A, Sahoo SK, Govind S. Root canal irrigants: a review of their interactions, benefits, and limitations. *Compend Contin Educ Dent*. 2015;36(4):256-61.
4. Bystrom A SG. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res*. 1981; 89:321– 8.
5. Shen Y, Cheung GSP. Methods and models to study nickel-titanium instruments. *Endod Top*. 2013;29(1):18–41.
6. Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endod Top*. 2013;27:74-102.
7. Metzger Z, Solomonov M, Kfir A. The role of mechanical instrumentation in the cleaning of root canals. *Endod Top*. 2013;29(1):87–109.
8. Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys – a review. *Int Endod J* [Internet]. 2018;51(10):1088–103. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/iej.12924>.
9. Kuzekanani M. Nickel-titanium rotary instruments: Development of the single-file systems. *J Int Soc Prev Community Dent* [Internet]. 2018;8(5):386–90. Available from: [http://dx.doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD\\_225\\_18](http://dx.doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD_225_18).
10. Liang Y, Yue L. Evolution and development: engine-driven endodontic rotary nickel-titanium instruments. *Int J Oral Sci* [Internet]. 2022; 14(1):12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41368-021-00154-0>.
11. Palekar A, Vajpayee A, Biradar B. Recent advances in metallurgy and design of rotary endodontic instruments: a review. *International Journal of Dental Materials* [Internet]. 2020;02(02):52–9.
12. Reddy SA, Hicks ML. Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. *J Endod* [Internet]. 1998; 24(3):180–3. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9558583/>
13. Baugh D, Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: A review of the literature. *J Endod* [Internet]. 2005; 31(5):333–40. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15851925/>

14. Francisco PA, Fagundes PI da G, Lemes-Junior JC, Lima AR, Passini MRZ, Gomes BPFA. Pathogenic potential of *Enterococcus faecalis* strains isolated from root canals after unsuccessful endodontic treatment. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2021;25(9):5171–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-021-03823-w>
15. Lambrianidis T, Tosounidou E, Tzoanopoulou M. The effect of maintaining apical patency on periapical extrusion. *J Endod* [Internet]. 2001; 27(11):696–8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11716084/>
16. Türker SA, Uzunoğlu E, Aslan MH. Evaluation of apically extruded bacteria associated with different nickel-titanium systems. *J Endod* [Internet]. 2015; 41(6):953–5. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25799537/>
17. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *The Journal Of The American Dental Association*. 1955: 50; 544- 552.
18. Guppy DR, Curtis RV, Ford TRP. Dentine chips produced by nickel-titanium rotary instruments. *Dent Traumatol* [Internet]. 2000; 16(6):258–64. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11202891/>
19. Park E, Shen Y, Haapasalo M. Irrigation of the apical root canal. *Endod Top*. 2012;27(1):54–73.
20. Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Armellini E, Conte G, Cianconi L. 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*. 2013;39(11):1456–60.
21. Haapasalo M, Qian W, Shen Y. Irrigation: beyond the smear layer. *Endod Top*. 2013.27(1):35-53.
22. Haapasalo, M., Shen, Y., Wang, Z. et al. Irrigation in endodontics. *Br Dent J* 216, 299–303 (2014).
23. Hou XM, Su Z, Hou BX. Post endodontic pain following single-visit root canal preparation with rotary vs reciprocating instruments: a meta-analysis of randomized clinical trials. *BMC Oral Health*. 2017; 17:86.
24. Tanalp J, Güngör T. Apical extrusion of debris: a literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. *Int Endod J* [Internet]. 2014; 47(3):211–21. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23711187/>
25. Predin Djuric N, Van der Vyver PJ, Vorster M, Vally ZI. Factors influencing apical debris extrusion during endodontic treatment – A review of the literature. *SADJ* [Internet]. 2021; 76(1):28–36. Disponible en: [http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0011-85162021000100007](http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0011-85162021000100007)

26. Plotino G. et al. Current Assessment of Reciprocation in Endodontic Preparation: A Comprehensive Review—Part II: Properties and Effectiveness. *Journal Of Endodontics*. 2015; 41(12): 1939- 1950.
27. Prada I, Micó-Muñoz P, Giner-Lluesma T, Micó-Martínez P, Collado-Castellano N, Manzano-Saiz A. Influence of microbiology on endodontic failure. Literature review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* [Internet]. 2019;24(3):e364–72. Available from: <http://dx.doi.org/10.4317/medoral.22907>
28. Kayaoglu G, Ørstavik D. Virulence factors of *Enterococcus faecalis*: relationship to endodontic disease. *Crit Rev Oral Biol Med* [Internet]. 2004;15(5):308–20. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15470268/>
29. Baugh D, Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: A review of the literature. *J Endod* [Internet]. 2005; 31(5):333–40. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15851925/>
30. Zanza A, Seracchiani M, Di Nardo D, Reda R, Gambarini G, Testarelli L. A paradigm shift for torsional stiffness of nickel-titanium rotary instruments: A finite element analysis. *J Endod* [Internet]. 2021 ;47(7):1149–56. Available from: [https://www.jendodon.com/article/S0099-2399\(21\)00283-1/fulltext](https://www.jendodon.com/article/S0099-2399(21)00283-1/fulltext).
31. Özyürek T. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc, WaveOne, and WaveOne Gold Nickel-Titanium Instruments. *Journal Of Endodontics*. 2016; 42 (10): 1536-1539. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27520406/>
32. WaveOne Gold System. Dentsply Sirona. 2017; 02. Disponible en: <https://www.dentsplysirona.com/es-ib/productos/endodoncia/wave-one-gold-reciprocating-files.html>
- 33.- Rubio, J., Zarzao, J. I., & Pallarés, A. (2017). Comparison of shaping ability of 10 rotary and reciprocating systems: An in vitro study with AutoCAD. *Acta Stomatologica Croatica*, 51(3), 207–216. <https://doi.org/10.15644/asc51/3/4>
- 34.- Elias, W., Czarnecka, B., & Surdacka, A. (2021). Apical extrusion of debris during root canal preparation with ProTaper Next, WaveOne Gold and Twisted Files. *Materials*, 14(21), 6254. <https://doi.org/10.3390/ma14216254>
35. Estevéz R, Aranguren J, De la Torre F, Cisneros R. Sexta generación de instrumentos de Niti para la reparación de conductos con gran curvatura. A propósito de un caso. *Maxillaris*. 2021; 253. 88- 94.
36. Zarc4Endo S.A. ESP- REV02-09/2021. Disponible en: <https://www.zarc4endo.com/blueshaper/>
37. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Profepa verifica el correcto manejo de los Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos (RPBI). 2020. <https://www.gob.mx/profepa/articulos/profepa-verifica-el-correcto-manejo-de-los->

[residuos-peligrosos-biologico-infecciosos-rpbi?idiom=es#:~:text=a%20otro%20sitio%3B-.La%20Norma%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D087%2DSEMARNAT%2DSSA1%2D,y%20los%20prestadores%20de%20servicios](#)

38. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Effect of smear layer against disinfection protocols on enterococcus faecalis-infected dentin. *J Endod.* 2013;39(11):1395–400.
39. Caviedes-Bucheli J, Castellanos F, Vasquez N, Ulate E, Munoz HR. The influence of two reciprocating single-file and two rotary-file systems on the apical extrusion of debris and its biological relationship with symptomatic apical periodontitis. *Int Endod J.* 2016; 49:255-270.
40. Clark-Holke D, Drake D, Walton R, Rivera E GJ. Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. *J Dent.* 2003; 31:275–81.
41. Muñoz HR C-CK. In Vivo efficacy of three different endodontic irrigation systems for irrigant delivery to working length of mesial canals of mandibular molars. *J Endod.* 2012; 38:445–8.
42. Shin SJ, Kim HK, Jung IY, Lee CY KE. Comparison of the cleaning efficacy of a new apical negative pressure irrigating system with conventional irrigation needles in the root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 2010; 109:479–84.
43. Infante VV, et al. Solución salina como medio de cultivo en bacteriemias nosocomiales. *Rev Invest Clin.* 2012; 64(2): 120-125.
44. Moradi M. Antimicrobial action of photodynamic therapy on *Enterococcus faecalis* biofilm using curing light, curcumin and riboflavin. *Australian Endodontic Journal.* 2021;47(1):9.
45. Blanchard S. Anatomy and Physiology. En: *Introduction to Biomedical Engineering.* 2nd ed. Biomedical Engineering. 2005:73-125. Capítulo 3.
46. Peters CA BF. Effect of irrigation on debris and smear layer on canal walls prepared by two rotary techniques: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2000; 25:6–10.
47. Wang X, Cheng X, Liu B, Liu X, Yu Q, He W. Effect of Laser-Activated Irrigations on Smear Layer Removal from the Root Canal Wall. *Photomed Laser Surg.* 2017; 35 (12): 668-694.
48. Arslan D, Gunecer MB, Dincer AN, Kustarci A, Er K, Siso SH. Comparison of Smear Layer Removal Ability of QMix with Different Activation Techniques. *J Endod.* 2016; 42 (8): 1279–85.
49. Saberi EA, Ebrahimipour S, Saberi M. Apical Debris Extrusion with Conventional Rotary and Reciprocating Instruments. *Iran Endod J.* 2020;15(1): 38-43.

50. Buldur B, et al. Apical extrusion of debris in primary molar root canals using mechanical and manual systems. *Eur J Pediatr Dent.* 2018;19(1):17-18.
51. Neves MA, Provenzano JC, Rôças IN, Siqueira JF Jr. Clinical antibacterial effectiveness of root canal preparation with reciprocating single-instrument or continuously rotating multi-instrument systems. *J Endod.* 2016; 42:25-9.

## ANEXOS

### ANEXO 1



## BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA CONSENTIMIENTO INFORMADO – EXODONCIA CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ESTUDIO DE INVESTIGACION

El estudio “Comparación de limas BlueShaper® vs WaveOne Gold® en la capacidad de remoción de bacterias y extrusión de debris”, a cargo de la alumna Roxana José Orgaz de la Maestría con Terminal en Endodoncia, donde se comparará la cantidad de bacterias remanentes en los conductos radiculares después de la instrumentación con los sistemas rotatorios BlueShaper de Zarc y el sistema reciprocante WaveOne Gold Primary, utilizando órganos dentarios extraídos de pacientes que, bajo consideración de los alumnos de la Terminal en \_\_\_\_\_, indiquen la exodoncia como tratamiento a realizar.

Asumo que dicha terminal de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, tiene un objetivo académico, por lo que la atención es otorgada por estudiantes de la Maestría. Acepto que se me realice la extracción del órgano dentario \_\_\_\_\_, según me indiquen, así como interconsultas con cualquier especialidad odontológica, médica u otra.

(  ) **Acepto** y fui informado que, mi diente (s) así como algunos datos acerca de la condición clínica de los mismos, será incluido en un trabajo de investigación, y podrá ser usados con un fin exclusivamente académico y que en ninguna circunstancia será vulnerada su confidencialidad.

Los datos obtenidos a partir del examen clínico-radiográfico son anónimos, al igual que la identidad del paciente. Declaro que me siento libre, para aceptar las condiciones antes señaladas.

**Nombre del paciente:** \_\_\_\_\_  
**Sexo: (F) (M) Edad:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_

**Firma:** \_\_\_\_\_

- **NOTA PARA EL ALUMNO: Motivo de extracción:**

(  ) **Rechazo** consentimiento informado para utilizar mi (s) diente (s) con fines de investigación en la clínica odontológica de la Maestría en Estomatología con Terminal en \_\_\_\_\_ de la Benemérita Universidad Autónoma de

Puebla. Mediante mi firma, rechazo mi consentimiento al (a los) tratante (s) a realizar el (los) procedimiento(s) requerido(s).

**Nombre** \_\_\_\_\_ **de** \_\_\_\_\_ **paciente:**

**Sexo:** (F) (M) **Edad:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_

**Firma:** \_\_\_\_\_

## Anexo 2. Hoja de recolección de datos en Excel de WaveOne Gold Primary

	A	B	C	D	E	F	G	H
	No. Frasco	OD	# conductos	Instrumentación	Extrusión inoculación	Extrusión-instrumentación	Bacteria punta papel	¿Extrusión 24hrs? (Sembradio cajas petri)
1								
2	66	25	1	WOG	2	2	1	SI
3	66	25	1	WOG	2	2	1	SI
4	41	46	1	WOG	2	2	1	NO
5	43	24	1	WOG	2	2	1	NO
6	43	24	1	WOG	2	2	1	NO
7	46	14	1	WOG	2	2	1	SI
8	48	37	1	WOG	2	2	1	SI
9	48*	37	1	WOG	2	2	1	SI
10	48*	37	1	WOG	2	2	1	SI
11	32	16	1	WOG	2	2	1	SI
12	36	34	1	WOG	2	2	1	NO
13	37	14	1	WOG	2	2	1	NO
14	37	14	1	WOG	2	2	1	NO
15	34	14	1	WOG	2	2	1	SI
16	34	14	1	WOG	2	2	1	SI
17	35	24	1	WOG	2	2	1	SI
18	35	24	1	WOG	2	2	1	SI
19	38	24	1	WOG	2	2	1	NO
20	38	24	1	WOG	2	2	1	NO
21	39	44	1	WOG	2	2	1	SI
22	6	34	1	WOG	2	2	1	NO
23	7	44	1	WOG	2	2	1	NO
24	14	34	1	WOG	2	2	1	SI
25	15	14	1	WOG	2	2	1	SI
26	15	14	1	WOG	2	2	1	SI
27	16	25	1	WOG	2	2	1	NO
28	16	25	1	WOG	2	2	1	NO
29	17	34	1	WOG	2	2	1	SI
30	18	44	1	WOG	2	2	1	SI
31	19	13	1	WOG	2	2	1	SI
32	12	27	1	WOG	2	2	1	SI
33	49	44	1	WOG	2	2	1	NO
34	49	44	1	WOG	2	2	1	NO
35	71	24	1	WOG	2	2	1	NO
36								
37		TOTAL	34					

### Anexo 3. Hoja de recolección de datos en Excel de BlueShaper

	A	B	C	D	E	F	G	H
	No. Frasco	OD	# conductos	Instrumentación	Extrusión inoculación	Extrusión-instrumentación	Bacteria punta papel	¿Extrusión 24hrs? (Sembrado cajas petri)
1								
2	60	16	1	BS	2	2	1	NO
3	61	13	1	BS	2	2	1	SI
4	62	14	1	BS	2	2	1	NO
5	62	14	1	BS	2	2	1	NO
6	63	24	1	BS	2	2	1	NO
7	63	24	1	BS	2	2	1	NO
8	64	15	1	BS	2	2	1	NO
9	64	15	1	BS	2	2	1	NO
10	50	25	1	BS	2	2	1	SI
11	50	25	1	BS	2	2	1	SI
12	52	24	1	BS	2	1	1	SI
13	56	16	1	BS	2	2	1	NO
14	55	21	1	BS	2	2	1	SI
15	65	23	1	BS	2	2	1	NO
16	20	14	1	BS	2	2	1	NO
17	20	14	1	BS	2	2	1	NO
18	21	15	1	BS	2	2	1	NO
19	21	15	1	BS	2	2	1	NO
20	23	25	1	BS	2	2	1	NO
21	23	25	1	BS	2	2	1	NO
22	24	26	1	BS	2	2	1	NO
23	22*	24	1	BS	2	2	1	NO
24	22*	24	1	BS	2	2	1	NO
25	25	27	1	BS	2	2	1	SI
26	28	21	1	BS	2	2	1	NO
27	29	26	1	BS	2	2	1	SI
28	31	17	1	BS	2	2	1	SI
29	31	17	1	BS	2	2	1	SI
30	3	24	1	BS	2	2	1	SI
31	3	24	1	BS	2	2	1	SI
32	54	24	1	BS	2	2	1	SI
33	54	24	1	BS	2	2	1	SI
34	70	14	1	BS	2	2	1	NO
35	70	14	1	BS	2	2	1	NO
36								
37		<b>TOTAL</b>	34					

#### Anexo 4. Hoja de recolección de datos en Excel de limas manuales

	A	B	C	D	E	F	G	H
	No. Frasco	OD	# conductos	Instrumentación	Extrusión inoculación	Extrusión-instrumentación	Bacteria punta papel	¿Extrusión 24hrs? (Sembradío cajas petri)
1								
2	12*	27	1	Manual	2	2	1	2
3	72	14	1	Manual	2	2	1	2
4	72	14	1	Manual	2	2	1	2
5	5	24	1	Manual	2	2	1	2
6	5	24	1	Manual	2	2	1	2
7	4	16	1	Manual	2	2	1	2
8	1	14	1	Manual	2	2	1	2
9	1	14	1	Manual	2	2	1	2
10	73	24	1	Manual	2	2	1	2
11	73	24	1	Manual	2	2	1	2
12	72	16	1	Manual	2	2	1	2
13	13	17	1	Manual	2	2	1	2
14	57	44	1	Manual	2	2	1	2
15								
16		<b>TOTAL</b>	13					