

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA



**Comparación de los defectos superficiales entre dos sistemas de limas
mecanizadas en conductos curvos**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
CIRUJANO DENTISTA**

AUTOR

Luciana Maybet Villegas Caro

ASESOR

Kevin Gilmer Rondan Bermeo

<https://orcid.org/0000-0003-2134-6468>

Chiclayo, 2026

**Comparación de los defectos superficiales entre dos sistemas de
limas mecanizadas en conductos curvos**

PRESENTADA POR
Luciana Maybet Villegas Caro

A la Facultad de Medicina de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

CIRUJANO DENTISTA

APROBADA POR

Rocio Lizet Torres Verastegui
PRESIDENTE

Rosa Josefina Roncal Espinoza
SECRETARIO

Kevin Gilmer Rondan Bermeo
VOCAL

Dedicatoria

A mi madre, por ser mi mayor inspiración y fortaleza. Por su esfuerzo incansable, por las motivaciones constantes y por no dejarme caer cuando sentía que no podía continuar. Gracias por trabajar arduamente para darme la oportunidad de alcanzar mis metas, por tus palabras llenas de amor y aliento, y por ser ejemplo de perseverancia. Cada logro que obtengo es reflejo de tu sacrificio y dedicación. Esta meta culminada es tan tuya como mía, porque sin ti no habría sido posible. Gracias por ser mi guía, mi apoyo y mi razón para seguir adelante.

Agradecimientos

A mi asesor de tesis, por su constancia, paciencia y dedicación durante todo este proceso. Gracias por su guía, su compromiso y por brindarme el apoyo necesario para culminar esta investigación con éxito. A mi familia que formaron parte de mi proyecto, por abrirme las puertas, ofrecerme su espacio y acompañarme en la ejecución de cada etapa. A la personita que estuvo a mi lado en las noches de desvelo, por su comprensión y apoyo incondicional, a mi sobrino por su colaboración y entusiasmo que dieron energía a este trabajo. A todos, mi más sincero agradecimiento.

Informe Final de Tesis

INDICE DE ORIGINALIDAD

12%	11%	4%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	1%
4	core.ac.uk Fuente de Internet	1%
5	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	< 1%
8	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	< 1%
9	docplayer.es Fuente de Internet	< 1%
10	repositorio.usfq.edu.ec Fuente de Internet	< 1%
11	www.researchgate.net Fuente de Internet	< 1%

Índice

Resumen.....	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura	10
Materiales y métodos	17
Resultados y discusión	22
Conclusiones.....	37
Recomendaciones	37
Declaración de conflicto de intereses y financiamiento.....	38
Referencias	39
Anexos	44

Resumen

El presente estudio comparó los defectos superficiales entre dos sistemas de limas mecanizadas, One Curve® (rotatoria) y One RECI® (reciprocante), tras su uso en conductos radiculares curvos moderados. Se emplearon 80 limas nuevas (40 por sistema) utilizadas hasta tres veces en 240 raíces mesiales de molares inferiores. Los defectos superficiales como microfisuras, cráteres, deformaciones de estrías, aplanamiento de bordes y deformación de punta fueron analizados mediante microscopía electrónica de barrido con aumentos de 100×, 200× y 500×. Para la comparación entre sistemas en cada ciclo de uso se empleó la prueba U de Mann–Whitney. Los resultados mostraron que ambos sistemas desarrollaron defectos desde el primer uso, con incremento progresivo conforme aumentaron los ciclos de instrumentación. One Curve® presentó mayor deterioro inicial en cráteres, deformación de punta y deformación de estrías durante los dos primeros usos, mientras que One RECI® mostró menor afectación inicial. No obstante, al tercer uso, ambos instrumentos mostraron medias comparables en todos los defectos analizados, sin evidencia de diferencias significativas entre los sistemas. En el análisis por tercios, el tercio apical mostró la mayor concentración de defectos en ambos instrumentos y solo se identificaron diferencias en microfisuras coronales y deformación de punta, ambas mayores en One Curve®. Se concluye que One RECI® presentó menor deterioro inicial; sin embargo, al tercer uso no se encontraron diferencias significativas entre ambos sistemas, evidenciando un nivel de afectación superficial final comparable tras la instrumentación de conductos curvos moderados.

Palabras clave: Corrosión; Endodoncia; Instrumentos dentales; Microscopía electrónica; Preparación del conducto radicular

Abstract

This study compared superficial defects in two mechanized endodontic file systems—One Curve® (rotary) and One RECI® (reciprocating)—after use in moderately curved root canals. A total of 80 new instruments (40 per system) were used up to three times in 240 mesial roots of extracted mandibular molars. Surface alterations, including microcracks, craters, flute deformation, edge flattening, and tip distortion, were examined using scanning electron microscopy at 100×, 200×, and 500× magnifications. The Mann–Whitney U test was applied to compare defect scores between systems at each usage cycle. Both systems exhibited defects from the first use, with a progressive increase across subsequent instrumentation cycles. One Curve® demonstrated greater initial deterioration—particularly in craters, tip distortion, and flute deformation—during the first two uses, whereas One RECI® showed less early alteration. By the third use, however, both systems presented comparable defect scores, with no significant differences between them. In the analysis by root thirds, the apical third showed the highest concentration of defects in both systems, and differences were observed only in coronal microcracks and tip distortion, both more pronounced in One Curve®. It is concluded that One RECI® exhibited less initial deterioration; nevertheless, by the third use both systems demonstrated a similar level of superficial alteration after instrumentation of moderately curved root canals.

Keywords: Corrosion; Dental Instruments; Endodontics; Microscopy, Electron, Scanning; Root Canal Preparation

Introducción

La endodoncia es una rama especializada de la odontología que se centra en el diagnóstico, tratamiento de enfermedades y lesiones de la pulpa dental, que es el tejido blando dentro del diente, y para conseguirlo, es imprescindible llevar a cabo una exhaustiva limpieza mecánica y química de la cámara pulpar y del sistema integral de conductos radiculares. Por consiguiente, los tratamientos de conductos, requiere de destreza y conocimiento de las variaciones de la morfología radicular por parte del clínico. ^(1,2)

Por ello, el correcto manejo endodóntico de los conductos radiculares representa un gran desafío, especialmente cuando los dientes tienen curvaturas moderadas o pronunciadas. Por tanto, es fundamental realizar una inspección radiográfica previa para identificar posibles anomalías y evitar errores durante el tratamiento. Estas situaciones exigen al clínico, gran habilidad y la adopción de técnicas específicas para una adecuada conformación de los conductos radiculares, ya que la alta frecuencia de anatomías dentales con curvaturas marcadas y conductos accesorios, incrementa la complejidad del procedimiento. ^(3,4)

Por consiguiente, las limas endodónticas son herramientas esenciales en el tratamiento de conductos radiculares. Estas limas están diseñadas específicamente para conformar, limpiar y dar forma a los conductos radiculares de los dientes, facilitando la eliminación del tejido pulpar infectado y permitiendo una desinfección eficaz.⁽⁵⁾ Es así que, los instrumentos rotatorios han revolucionado los tratamientos endodónticos, mejorando la eficacia, precisión, tiempo de tratamiento y reduciendo el riesgo de transporte apical desde su introducción en la práctica clínica. Los fabricantes recomiendan el uso único de estos instrumentos para minimizar el riesgo de fracturas y contaminación cruzada, ya que después de su uso, estas tienden a presentar microfisuras, deformación plástica y cráteres, entre otros defectos superficiales. Lamentablemente en muchas regiones, las condiciones socioeconómicas pueden obligar a los clínicos a reutilizar su instrumental sin tener en cuenta el número de usos que indica el fabricante, potenciando el riesgo de accidentes durante la instrumentación, sobre todo en piezas complejas que presenten conductos curvos moderados o severos. ^(6,7)

Hoy en día, existen importantes avances en los diseños de las limas mecanizadas, como también en sus aleaciones, sumado a los tratamientos que le dan en su superficie, permitiéndoles lograr una instrumentación que mantenga la forma original del conducto radicular. Entre los sistemas que han sido parte de estos avances, están el One Curve® y el One RECI®, que son los primeros en integrar una aleación en alambre M con tratamiento térmico a altas temperaturas.⁽⁸⁾ En consecuencia, el presente estudio surge por la problemática anteriormente descrita, por lo que pretende evaluar e identificar los defectos superficiales de dos sistemas distintos según su cinemática de movimiento del motor: las limas One Curve®, y One RECI®. Ambos sistemas serán evaluados después de su uso continuo en conductos curvos moderados.

Es así que, el valor de esta investigación radica en la posibilidad de observar los defectos superficiales que aparecen en limas mecanizadas en el su uso clínico de conductos curvos, lo que representa un desafío en el proceso de permeabilidad. Además, tras someter estos instrumentos a varios ciclos de esterilización, se podrá determinar las precauciones necesarias para su reúso seguro, algo especialmente relevante en el contexto latinoamericano.⁽⁶⁾

La propuesta de las grandes empresas de utilizar una sola lima por procedimiento no se ajusta a la realidad clínica de muchos profesionales ni a las condiciones económicas de los pacientes en esta región.⁽⁹⁾ Por ello, este estudio busca estimar cuántas veces es posible reutilizar estas limas ante la presencia de los posibles defectos microscópicos suscitados en sus superficies, por lo que se compararán los sistemas One Curve® y One RECI®, las cuales se caracterizan en mantener la forma original del conducto curvo por el alto tratamiento en sus superficies.⁽⁸⁾

Además, es conveniente el estudiar nuevas aleaciones y sistemas reciprocantes que se han incorporado en los últimos cinco años, una de ellas es el sistema One RECI®, las cuales prometen mayor resistencia y flexibilidad durante las maniobras de permeabilidad.⁽⁸⁾ Este método permite una evaluación más precisa del rendimiento y la durabilidad de las limas, lo que proporciona una base científica para tomar decisiones clínicas más informadas; por lo que, será posible detectar las fallas superficiales y calcular una cantidad segura de repeticiones y ciclos de desinfección de los instrumentos mecanizados de permeabilidad. El uso de un microscopio electrónico de barrido (MEB) confirmará los hallazgos y permitirá identificar los defectos causados por el uso continuo de las limas.^(6,10)

Por todo lo antes descrito, la presente investigación tuvo como objetivo general: comparar los defectos superficiales de dos sistemas de limas mecanizadas después de la instrumentación en conductos curvos moderados. Así también, se tuvo como objetivos específicos, el comparar la media del tipo de defecto superficial en limas mecanizadas One Curve® y One RECI®, según el número de usos y tercios.

Revisión de literatura

Antecedentes

Chopra, et al ⁽¹¹⁾, en Brazil, en el año 2024 realizó un estudio cuyo objetivo fue “evaluar los defectos superficiales en las limas rotatorias Wave One Gold y Jizai después de 1 y 3 usos.” Se utilizaron 96 bloques de resina con conductos estimulados y 12 limas por sistema. Las limas se pre examinaron con microscopio electrónico de barrido (MEB) para descartar grietas y cráteres preexistentes. La instrumentación y la evaluación con MEB de las limas se realizaron después de 1 y 3 usos, respectivamente. Dos operadores independientes analizaron las imágenes y se evaluó la calidad de cada lima en los tercios coronal, medio y apical. Los defectos superficiales en los diferentes tercios de los sistemas de limas se analizaron mediante la prueba de Chi-Cuadrado y la prueba de Tau de Kendel. Concluyendo que, tras un solo uso, no se produjeron defectos superficiales con las limas Wave One Gold ni con las limas rotatorias Jizai. Wave One Gold presentó defectos superficiales más significativos tras tres usos en los tercios coronal y medio.

Ortiz, et al ⁽⁶⁾, en Ecuador, en el año 2023, realizaron un trabajo cuyo objetivo fue “analizar la deformación plástica, microfisuras y cráteres de limas mecanizadas posterior a la instrumentación en conductos curvos”. Se emplearon 90 raíces mesiales de molares de nivel superior e inferior, las muestras fueron agrupadas de manera aleatoria en dos grupos para los sistemas ProTaper Gold® y TruNatomy®. Previo al uso de las limas, se examinaron en el MEB en 0 empleos. Tras nueve usos, se examinaron con el microscopio electrónico de barrido para identificar las imperfecciones superficiales existentes. Se detectaron tres defectos superficiales en los nueve usos de limas: microfisuras, deformación plástica y cráteres en ambos grupos, concluyendo que la presencia de defectos superficiales como microfisuras y cráteres se encuentran tanto en limas nuevas

como en limas después de ser usadas 9 veces. El defecto de deformación plástica solo se encuentra cuando la lima es usada y se puede apreciar al noveno uso de las limas.

Howait, et al ⁽¹²⁾, en Arabia, en el año 2021 realizó un estudio cuyo objetivo fue “detectar defectos que pueden ocurrir en las limas endodónticas Reciproc después de un solo uso.” Se recopiló una muestra de limas Reciproc utilizadas para la preparación de conductos radiculares de dientes anteriores o posteriores. Las limas se dividieron equitativamente en dos grupos: el Grupo 1 se utilizó para la preparación de conductos radiculares mesiales de 50 molares mandibulares permanentes humanos, y el Grupo 2 incluyó 50 limas para la preparación de incisivos maxilares permanentes. Las limas se analizaron después de un solo uso con un microscopio electrónico de barrido a 120 aumentos para detectar cambios en la morfología superficial, concluyendo que las limas rotatorias Reciproc de NiTi muestran una alta resistencia a la deformación tras un solo uso. La rotura de la hoja fue el defecto más frecuente, tanto en las limas pequeñas como en las grandes.

Terán, et al ⁽⁷⁾, en Ecuador, en el año 2019, realizaron un estudio cuyo objetivo fue “Evaluar los defectos superficiales de distintos sistemas mecanizados de permeabilización usados en conductos curvos artificiales”, Se realizó un estudio experimental in vitro con 90 bloques acrílicos de canales artificiales curvos de 45 grados y agrupándolos aleatoriamente. Cada muestra fue esterilizada en autoclave y examinado a través de un microscopio electrónico de barrido 500x después de cada 0, 3, 6 y 9 usos. En promedio, sólo se registró una deformación para las limas de la marca R-Pilot y 2 deformaciones para la Wane One Gold Glider. Sin embargo, el promedio de errores se observó entre 6 y 9 usos. Teniendo en cuenta los ciclos de flexión y esterilización de la herramienta de penetración mecanizada, se concluyó que pueden ser reutilizados considerando su curvatura y ciclos de esterilización, aunque no se pueden anticipar señales evidentes de deformación del instrumento.

Purayil, et al ⁽¹³⁾ en España en el año 2018, realizaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar los defectos superficiales y la eficiencia de dos sistemas rotatorios de lima única con diferentes tratamientos superficiales en la instrumentación de conductos radiculares curvos. Un total de 160 conductos radiculares, se sometieron a instrumentación de conductos radiculares con una lima rotatoria de superficie electropulida y con una lima rotatoria con tratamiento de superficie electro pulido y mecanizado por descarga eléctrica. Todas las limas se sometieron luego a un análisis para evaluar los defectos superficiales

antes de la instrumentación del conducto radicular, después de 5 usos y 8 usos dentro del conducto radicular. La lima rotatoria con electro pulido pareció ser más resistente a la deformación en comparación con la lima rotatoria con tratamiento electro pulido y mecanizado por descarga eléctrica después de la instrumentación de cinco conductos. Por lo tanto, concluyeron que la lima electropulida se puede instrumentar de forma segura cinco veces en comparación con las limas procesadas EDM en conductos radiculares curvos.

Nieto, et al ⁽⁹⁾ en Ecuador, en el año 2017 realizó un estudio cuyo objetivo fue “compara "Los defectos superficiales hallados en las limas de movimiento Reciproca 25.08 y Wave One Gold Primar 25.07, previos y posteriores a su uso en 3, 6 y 9 ocasiones en la instrumentación de conductos radiculares con curvaturas moderadas de molares humanos extraídos, bajo la supervisión de MEB." Las imágenes del tercio apical a 500x, así como de los tercios medio y cervical a 200x, fueron examinadas por cuatro expertos en endodoncias, quienes identificaron irregularidades como microfisuras, deformación de estrías, cráteres, deformación de superficies cortantes, bordes romos, presencia de barrillo asignado y fractura del dispositivo. Concluyeron que la lima Reciproca presenta menos imperfecciones superficiales.

Bases teóricas

Conductos curvos:

Para una preparación adecuada de los conductos radiculares, es fundamental conocer la anatomía interna del diente. La morfología radicular es variable y compleja, por lo que se han creado diversas clasificaciones, aunque las tecnologías modernas como la tomografía de haz cónico y la microtomografía computarizada han evidenciado que muchas configuraciones no pueden clasificarse fácilmente. Estas herramientas, junto con la magnificación, han mejorado la comprensión de la anatomía dental.⁽¹⁴⁾

Las curvaturas pronunciadas y conductos accesorios representan un gran reto para el endodoncista, lo que hace esencial una inspección radiográfica previa. Esto exige una alta pericia clínica y el uso de técnicas específicas durante la instrumentación. La frecuencia de anatomías aberrantes incrementa la dificultad del tratamiento endodóntico.⁽¹⁴⁾

En respuesta, la ciencia ha desarrollado instrumentos más flexibles que permiten una mejor limpieza y conformación del canal radicular sin fracturas ni necesidad de precurvado. Además, el odontólogo debe tener un profundo conocimiento de la anatomía dental, incluyendo sus variaciones por factores como edad, caries o enfermedad periodontal. Cuando la entrada del conducto no es visible, la sensibilidad táctil y el conocimiento anatómico son claves para imaginar la conformación del espacio endodóntico.⁽¹⁴⁾

Método de medición de curvatura de Schneider:

La Técnica de Schneider clasificándose así en leve 5° a 9°, moderado 10° a 24° y severo 25° a 70°. mide tanto la curvatura, como el ángulo agudo entre el eje longitudinal del conducto radicular y una línea que une el foramen apical hasta el punto de la curvatura inicial.⁽¹⁴⁾

Medición:

1. Trazar línea perpendicular del eje mayor del diente y luego una paralela al eje mayor
1. Colocar punto A donde inicia la curvatura del conducto
2. Localizar el foramen apical y colocar punto B
3. Unir punto A con punto B y ese será el ángulo de la curvatura.⁽¹⁴⁾

Movimiento reciprocante en la preparación de los conductos radiculares:

Actualmente, se han creado instrumentos que operan con movimiento recíproco, basados en conceptos que utilizan movimientos horarios y anti horarios para alterar las paredes de los conductos radiculares con curvaturas, reduciendo así las fuerzas de tensión y compresión que la lima aplica en el conducto. Todo esto se fundamenta en el concepto de "Fuerzas balanceadas".⁽¹⁵⁾ expuesta por ROANE en 1985. En esta propuesta, los instrumentos realizan un giro de 360° en múltiples acciones, con una leve presión apical y una amplia capacidad de corte mientras se progresa hacia el tercio apical.⁽¹⁶⁾

El movimiento recíproco en endodoncia ha progresado y actualmente, junto con la utilización de limas de NiTi en combinación con tratamientos térmicos, brinda una serie de ventajas como:

- Disminución del peligro de fractura del instrumento
- Disminución de la fatiga crónica

- Disminución de la fatiga persistente
- Una mayor consideración hacia la anatomía del canal.⁽¹⁷⁾

Limas Mecanizadas:

- Lima One curve®

One Curve (Micro-Mega®) es un sistema de limas de níquel-titanio (NiTi) tratado térmicamente con tecnología C-Wire, lo que le proporciona memoria de forma controlada, mayor flexibilidad y capacidad de precurvado. Tiene una sección transversal variable que mejora el centrado y corte del conducto radicular. Su diseño deriva del sistema OneShape.⁽¹⁸⁾ Fue lanzado en el año 2018 por Micro-Mega SA (Francia) y se comercializa en blisters preesterilizados. El sistema consta de cuatro limas con diferentes conicidades y diámetros: 25/.04 (principal), 25/.06, 35/.04 y 40/.04, con códigos de color ISO.⁽¹⁹⁾

Además, este instrumento ha sido sometido a un tratamiento de electropulido, también conocido como tratamiento superficial electroquímico, que suaviza la superficie, y mejora la resistencia a la fatiga cíclica, el corte y a la resistencia a la corrosión. Este tratamiento, implica en colocar iones metálicos en la superficie del instrumento a través de galvanoplastia, y así reducir las imperfecciones superficiales, cabe destacar que, todo este proceso no afecta a la superelasticidad del material.^(18,20)

En cuanto a sus características técnicas, éste incluye una triple hélice en la punta que se transforma en forma de S hacia el mango. Las limas One Curve están disponibles en tamaños 20, 25, 35 y 45/.04, y en longitudes de 21, 25 y 31 mm, adaptándose mejor a la anatomía radicular y reduciendo errores. Se recomienda un único uso y un torque máximo de 2,5 Ncm, con una velocidad de 300–400 rpm.^(18,20)

- Lima One RECI®

One RECI®, lanzado por Micro-Mega a finales de 2021, es un sistema de lima única reciprocante fabricado con aleación NiTi alambre C y tratamiento térmico, que le otorga alta eficiencia de corte. Su diseño incluye una sección transversal variable: triangular convexa en los 4 mm apicales y forma de S en el resto del instrumento, con una sección excéntrica patentada que puede reducir las cargas torsionales en la punta.

El sistema se presenta en blísters preesterilizados, contiene cinco limas de un solo uso con anillos de colores que identifican el diámetro según la norma ISO. Está disponible en longitudes de 21, 25 y 31 mm. La lima principal tiene un diámetro de 25 y conicidad .04, y el sistema trabaja con movimientos recíprocos de 170° en sentido antihorario y 60° en sentido horario. Las limas de la secuencia tienen dimensiones: 20/.04, 25/.06, 35/.04 y 45/.04.

Con respecto a su uso y advertencias, su ficha técnica sugiere no usarlos en el retratamiento endodóntico, ni utilizarlos en pacientes con sensibilidad alérgica al níquel o al titanio. Así también, se considera como un instrumento de un solo uso, por lo que se sugiere no reutilizar el instrumento, ya que podría existir el riesgo de merma en el rendimiento y en las características de seguridad (fractura del instrumento en el interior de la pieza dental).

Comparado con One Curve®, One RECI® se diferencia en la dirección del pitch (número de estrías por milímetro). Para un uso eficiente, es crucial que el endodoncista conozca las características de diseño como: ángulo de corte (β), ángulo de ataque, helicoidal, conicidad, separación entre estrías y rugosidad. Estas influyen en la capacidad de corte, resistencia y mantenimiento de la dirección durante el procedimiento. ^(21,22,23)

Defectos superficiales de limas mecanizadas:

Los instrumentos mecanizados de níquel-titanio (NiTi) son propensos a desgastarse o fracturarse sin presentar signos visibles previos de deformación, lo que dificulta al clínico identificar cuándo deben ser descartados. Esta situación genera una preocupación constante, ya que la inspección visual no es un método confiable para evaluar el estado de estos instrumentos después de su uso. El material de NiTi sufre un deterioro progresivo debido a los esfuerzos repetidos que inducen la formación de grietas en áreas con concentración de tensiones. Estas grietas pueden crecer gradualmente hasta alcanzar un tamaño crítico, provocando una fractura súbita y final del instrumento. ^(24,25)

Este comportamiento está relacionado con las características del material y su ciclo de fatiga, lo que subraya la importancia de utilizar herramientas o técnicas avanzadas para monitorear el desgaste y prevenir fracturas inesperadas en el entorno clínico. ⁽²⁵⁾

Tipos de defectos superficiales:

- Microscópicos

Se pueden apreciar bajo los aumentos del microscopio electrónico de barrido, que exhibe las diversas formas de defectos superficiales, las cuales pueden iniciarse desde el núcleo del metal o desde la periferia. El estudio de las limas mediante el MEB permite cuantificar el daño a nivel microestructural, clasificándolo según el mecanismo principal de la falla:⁽²⁶⁾

a. Daño a la Integridad Superficial (Microestructural)

Esta categoría incluye los defectos que comprometen la superficie del instrumento y que a menudo son precursores de la fatiga del metal.

- **Microfisuras:** Son discontinuidades lineales y finas que se forman y propagan desde la superficie del instrumento. Son la manifestación del inicio de la fatiga cíclica ^(27,28). Se originan en zonas de alta concentración de tensión, como los bordes cortantes, y son las precursoras directas de la fractura por fatiga.⁽²⁹⁾
- **Cráteres:** Son irregularidades puntuales en forma de pozo o picadura que resultan tanto de defectos inherentes al proceso de fabricación (inclusiones no metálicas) como del desgaste por abrasión o corrosión.^(28,29) Estos cráteres actúan como puntos focales de estrés, facilitando el inicio y la propagación de las microfisuras.⁽²⁸⁾

b. Daño a la Geometría Funcional (Deformación Plástica)

La deformación plástica es el cambio permanente y no reversible en la geometría del instrumento. Ocurre cuando la tensión aplicada (torsional o flexural) excede el límite elástico del material.^(29, 30)

Las principales manifestaciones microscópicas de la deformación plástica que se cuantifican son:

- **Deformación de Estrías (Enrollamiento o Alargamiento):** Representa el fallo por sobrecarga torsional. El metal se tuerce o se estira, resultando en un paso de estría visiblemente acortado (enrollamiento) o alargado (estiramiento de espira).⁽³¹⁾

- Aplanamiento de Bordes (Bordes Romos): Indica la microdeformación plástica combinada con el desgaste abrasivo. El ángulo de corte se pierde y el filo se redondea o aplana, reduciendo la eficiencia del instrumento.⁽³¹⁾
 - Deformación de la Punta: Una distorsión permanente en el ápice que evidencia la incapacidad del material para recuperar su forma original.⁽³¹⁾
- Macroscópicos

Las limas NiTi tienen una mayor tendencia a romperse inesperadamente en el conducto radicular, lo que representa una inquietud habitual entre los expertos en odontología. Entre los principales defectos macroscópicos, se tienen:⁽³²⁾

- Fractura por torsión.
- Fractura por flexión (fatiga cíclica).

Materiales y métodos

El presente estudio fue aprobado por el Comité de ética en investigación de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo mediante resolución decanal N° 176-2025-USAT-FMED (Anexo 1). Esta investigación de tipo cuantitativa y longitudinal, con diseño experimental, estuvo conformada por 80 limas mecanizadas, las cuales fueron divididas en dos grupos, 40 por sistema.

Los criterios para la selección de la muestra fueron limas mecanizadas One curve® y One RECI® nuevas, provenientes de empaques originales sellados de fábrica, cuyos blísteres indicaban una fecha de caducidad válida en el año 2029; así también, se excluyeron a aquellos instrumentos con algún defecto macroscópico de fábrica.

Para la determinación del tamaño muestral, se aplicó la fórmula estadística para comparar proporciones entre dos grupos independientes, con el propósito de evaluar la presencia de defectos superficiales en limas mecanizadas. El cálculo fue realizado tomando como referencia los valores reportados en estudios previos, los cuales sirvieron de base para estimar las proporciones esperadas de defectos superficiales en cada grupo. Se consideró una razón de 1:1 entre las limas One Curve® y One RECI®, un nivel de confianza del 95 % ($\alpha = 0,05$) y una potencia estadística del 90 % ($\beta = 0,10$). Las proporciones esperadas de defectos fueron de 42 % para las limas One Curve® y 75 %

para las limas One RECI®, basadas en los resultados obtenidos por Chopra, et al ⁽¹¹⁾, asumiendo comportamientos similares a WaveOne Gold® y Jizai®, respectivamente. Con base en estos parámetros y verificando los cálculos mediante los programas Microsoft Excel y Epidat, se obtuvo un tamaño muestral inicial de 34 limas por grupo. Posteriormente, al aplicar la corrección de Yates, el tamaño final determinado fue de 40 limas por grupo, totalizando 80 limas mecanizadas entre ambos sistemas para el estudio.

Para evaluar los defectos superficiales, se empleó la técnica de observación directa, utilizando como instrumento de medición un microscopio electrónico de barrido. Los datos obtenidos fueron registrados en una ficha de recolección de datos elaborada por la autora (Anexo 2), la cual fue sometida a una validez de contenido mediante evaluación a juicio de tres expertos en Endodoncia (L.A.J.S., A.M.G. y J.L.R.C.). Con el propósito de verificar la aplicabilidad del instrumento y asegurar la estandarización del procedimiento, se llevó a cabo una prueba piloto. En esta se realizó la capacitación de la investigadora en la determinación radiográfica del grado y radio de curvatura radicular de los órganos dentarios, así como en el uso de limas mecanizadas de las marcas One Curve® y One RECI®. Asimismo, se evaluaron y ajustaron los procedimientos del estudio adecuando de la metodología para el desarrollo de la investigación definitiva.

Cada lima endodóntica fue medida en 4 tiempos (0 a 3 usos), requiriéndose 4 conductos curvos por cada unidad de análisis. Por tanto, se necesitó un total de 240 raíces, correspondiente a conductos radiculares mesiales de molares inferiores permanentes con curvaturas moderadas (10° a 20°) según Schneider y una longitud de trabajo de 20 mm.⁽¹¹⁾ La recolección de los órganos dentarios, se realizó previa coordinación y autorización de los consultorios odontológicos mediante oficio formal y mediante consentimiento informado firmado por cada donante (Anexos 3-4). El proceso cumplió con la ética dictada por la Declaración de Helsinki (2013), asegurando el anonimato y la confidencialidad de los datos personales de los donantes, respetando así, el principio de Autonomía y su privacidad.⁽³³⁾

Para el almacenamiento y tratado de los órganos dentales, se cumplió rigurosamente con lo estipulado en la Norma ISO 3696:1987,⁽³⁴⁾ por lo que, inmediatamente después de su extracción, fueron limpiado cuidadosamente con Cureta Gracey N° 5/6 (Hu-Friedy®) para luego ser lavado con agua corriente e introducido a un frasco de vidrio hermético correctamente rotulado y con fecha de recolección. El medio de conservación de las

piezas dentarias, fue agua desionizada, con renovación mensual y almacenadas a temperatura a 4 ± 4 °C hasta su procesamiento (Figura 1).^(34, 35) Los criterios que se tuvieron en cuenta para la selección de los molares fueron la integridad radicular, la ausencia de tratamiento endodóntico previo, raíces con curvaturas moderadas según Schneider, y la ausencia de calcificaciones; para ello, se tomaron radiografías individuales de cada órgano dental con radiovisiografo (Figura 2).

Para la estandarización del procedimiento con las limas mecanizadas, se optó por seccionar las coronas de las molares inferiores de su raíz perpendicularmente al eje largo del diente, aproximadamente 2 mm apical a la línea amelocementaria (LAC), a nivel de la furcación radicular, de modo que la cámara pulpar no quedara incluida y se conservara la longitud anatómica completa de las raíces mesiales (Figura 3). El corte se realizó con un disco diamantado de doble cara (espesor $\approx 0,3$ mm) montado en pieza de mano recta a baja velocidad ($\approx 10\ 000 - 20\ 000$ rpm), bajo irrigación continua con agua grado 3, efectuando pasadas intermitentes para controlar la temperatura y evitar microfisuras o sobrecalentamiento de la dentina.^(36, 37) La superficie coronal obtenida se dejó plana y perpendicular al eje radicular, sirviendo como referencia para la determinación de la longitud de trabajo.

Las raíces mesiales fueron embebidas en cilindros de policloruro de vinilo (PVC) con resina acrílica autopolimerizable (Vitacryl®), interponiendo una delgada capa de silicona de impresión ($\approx 0,3$ mm) para simular el ligamento periodontal y reducir el anclaje rígido. Cada raíz se orientó conservando su curvatura mesial original, comprendida entre 20° y 35° , según el método de Schneider, garantizando uniformidad entre los especímenes.

En cuanto a la longitud de trabajo (LT), se determinó introduciendo una lima K #10 (Maillefer®, Dentsply Sirona) hasta la visualización del foramen apical, restando 1 mm a dicha longitud, permitiendo el uso efectivo de la porción activa de las limas sin sobrepasar el ápice. Los 80 conductos mesiales se distribuyeron aleatoriamente en dos grupos experimentales:

- Grupo 1 (n = 40): instrumentados con limas One Curve® (Micro-Mega®, COLTENE), calibre #25/.06, longitud 25 mm, empleadas en rotación continua de 300–450 rpm y torque máximo de 2,5 N·cm, de acuerdo con las especificaciones del fabricante (Figura 4).⁽³⁸⁾

- Grupo 2 (n = 40): instrumentados con limas One Recipro® (Micro-Mega®, COLTENE), calibre #25/.06, longitud 25 mm, en movimiento recíprocante según el programa preestablecido del motor endodóntico recomendado por el fabricante.⁽³⁹⁾

Previo a la instrumentación, las limas mecanizadas fueron observadas con microscopio óptico para verificación de su integridad y posterior rotulación mediante grabado abrasivo superficial en su parte no activa, asignándoles un código de identificación (Figuras 5-6).

Para el procedimiento clínico simulado, una vez verificada y codificada cada lima, todos los conductos radiculares fueron previamente permeabilizados con una lima K #10, irrigados con hipoclorito de sodio 5,25 % y EDTA 17 %, aplicados alternadamente mediante jeringa con aguja de salida lateral. Durante la instrumentación se mantuvo irrigación constante, renovando la solución tras cada inserción de lima, siguiendo las recomendaciones normativas ISO 3630-1.⁽⁴⁰⁾ Asimismo, toda la instrumentación fue realizada por un único operador, utilizando un microscopio operatorio dental y permaneciendo cegado al grupo de tratamiento, a fin de evitar sesgos interindividuales (Figura 7).⁽⁷⁾

Al concluir cada uso, las limas fueron sometidas al siguiente proceso estandarizado de limpieza y esterilización (Figuras 8-9):

1. Inmersión en jabón enzimático durante 20 minutos.
2. Lavado en baño ultrasónico Biowash STD® por 5 minutos.
3. Cepillado manual durante 30 segundos con cepillo de cerdas plásticas suaves bajo chorro de agua.
4. Secado con toallas de papel desechables y empaquetado individual en bolsas de polipropileno.
5. Esterilización en autoclave con indicador químico, a 121 °C y 2 atmósferas de presión durante 25 minutos, seguida de secado por 15 minutos.⁽⁷⁾

Para la evaluación microscópica de los defectos superficiales, se tomó la porción activa de cada lima endodóntica (\approx 16 mm, D₀-D₁₆), para ello se dividió en tres tercios de aproximadamente 5 mm cada uno: apical, medio y coronal. Cada lima fue analizada

mediante MEB después de cada uso, con magnificación de 500× en el tercio apical, 200× en el tercio medio y 100× en el tercio coronal (Figuras 10-11), con el fin de registrar las variaciones morfológicas según la zona de trabajo (Anexo 5). Debido a que la LT fue de 13 mm en todos los conductos, la ventana de observación del MEB para el tercio coronal se desplazó ligeramente hacia la zona media ($\approx 10-13$ mm desde la punta) para incluir la región que estuvo en contacto con las paredes dentinarias del conducto.

Los criterios de evaluación incluyeron la observación de defectos superficiales visibles como: cráteres, deformación de punta, bordes no cortantes, deformación de estrías y microfisuras. Cada micrografía fue registrada y codificada por tercio y número de uso, manteniendo condiciones idénticas de iluminación, distancia focal y contraste, para garantizar la reproducibilidad del análisis.

Los datos consignados en las correspondientes fichas de recolección de datos fueron procesados de manera automatizada con el soporte del paquete estadístico SPSS-27, para ser presentadas en tablas estadísticas reportándose en cada grupo de estudio la media muestral, la desviación estándar (DE), la mediana y el rango intercuartílico (RIC), en el análisis estadístico. Dado que las variables del estudio son cuantitativas discontinuas (Anexo 6), se optó por emplear la prueba no paramétrica de Mann-Whitney (Anexo 7). Se consideró que existe evidencia estadísticamente significativa cuando la probabilidad (p) es menor al 5% ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

Tabla 1

Comparación de microfisuras entre dos sistemas de limas mecanizadas en conductos curvos según número de usos.

Número de usos	Limas mecanizadas		Prueba Mann-Whitney
	One curve®	One RECI®	
0 usos			
Media; DE	0,10; 0.40	0,19; 0.81	Z=0,16 p=0,874
1 uso			
Media; DE	1,33; 2.47	1,43; 2.38	Z=0,19 p=0,853
2 usos			
Media; DE	1,83; 3.44	1,72; 2.61	Z=0,12 p=0,906
3 usos			
Media; DE	2,68; 3.85	2,92; 4.43	Z =0,01 p=0,993

$p > 0,05$ no existe diferencia estadística significativa

En la Tabla 1 se observa la comparación de la identificación de microfisuras en las limas mecanizadas One Curve® y One RECI® según el número de usos. En el cero usos no se registró diferencia estadísticamente significativa ($p=0,874$) entre ambos sistemas. Al primer uso tampoco se evidenció diferencia significativa ($p=0,853$). De igual forma, al segundo uso no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p=0,906$), y al tercer uso los resultados continuaron sin mostrar diferencia significativa ($p=0,993$). En conjunto, los resultados muestran que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las limas One Curve® y One RECI® en ninguno de los ciclos de uso evaluados con respecto a la presencia de microfisuras.

Tabla 2

Comparación de cráteres entre dos sistemas de limas mecanizadas en conductos curvos según número de usos.

Número de usos	Limas mecanizadas		Prueba Mann-Whitney
	One curve®	One RECI®	
0 usos			
Media; DE	0,64; 1,98	1,15; 1,56	Z=3,94 p<0,001
1 uso			
Media; DE	6,08; 4,46	4,43; 2,47	Z=2,87 p=0,004
2 usos			
Media; DE	7,53; 4,48	5,33; 2,70	Z=4,22 p=0,001
3 usos			
Media; DE	10,46; 6,67	9,04; 4,72	Z=1,50 p=0,133

p>0,05 no existe diferencia estadística significativa

p<0,01 diferencia estadística altamente significativa

En la Tabla 2 se observa la comparación de la identificación de cráteres en las limas mecanizadas One Curve® y One RECI® según el número de usos. En el cero usos se encontró una diferencia estadística altamente significativa (p<0,001) entre ambos sistemas, con mayor número de cráteres en las limas One RECI®. Al primer uso también se evidenció una diferencia estadísticamente significativa (p=0,004), con valores más altos en One Curve®. Al segundo uso se observó nuevamente una diferencia estadística altamente significativa (p=0,001) entre ambas marcas, manteniéndose los valores superiores en One Curve®. Finalmente, al tercer uso no se registró diferencia estadísticamente significativa (p=0,133) entre los sistemas evaluados. En conjunto, los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas entre las limas One Curve® y One RECI® hasta el segundo uso, mientras que al tercer uso los valores de cráteres fueron similares.

Tabla 3

Comparación de deformaciones de estrías entre dos sistemas de limas mecanizadas en conductos curvos según número de usos.

Número de usos	Limas mecanizadas		Prueba Mann-Whitney
	One curve®	One RECI®	
0 usos			
Media; DE	0,00; 0,00	0,00; 0,00	Z=0,00 p=1,000
1 uso			
Media; DE	0,11; 0,31	0,03; 0,16	Z =2,58 p=0,010
2 usos			
Media; DE	0,12; 0,29	0,13; 0,33	Z=0,57 p=0,565
3 usos			
Media; DE	0,17; 0,37	0,18; 0,39	Z=0,34 p=0,735

$p > 0,05$ no existe diferencia estadística significativa

$p < 0,05$ diferencia estadística significativa

En la Tabla 3 se observa la comparación de la identificación de deformaciones de estrías en las limas mecanizadas One Curve® y One RECI® según el número de usos. En el cero usos no se registró diferencia estadísticamente significativa ($p=1,000$) entre ambos sistemas. Al primer uso se evidenció una diferencia estadísticamente significativa ($p=0,010$), con valores más altos en One Curve®. Al segundo uso no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p=0,565$), entre los sistemas evaluados. Finalmente, al tercer uso, tampoco se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p=0,735$) entre los sistemas evaluados. En conjunto, los resultados muestran diferencias significativas entre las limas One Curve® y One RECI® hasta el primer uso, mientras que al segundo y tercer uso los valores de deformaciones de estrías fueron similares.

Tabla 4

Comparación de aplanamiento de bordes entre dos sistemas de limas mecanizadas en conductos curvos según número de usos.

Número de usos	Limas mecanizadas		Prueba Mann-Whitney
	One curve®	One RECI®	
0 usos			
Media; DE	0,00; 0,00	0,00; 0,00	Z=0,00 p=1,000
1 uso			
Media; DE	0,24; 0,43	0,17; 0,37	Z=1,44 p=0,150
2 usos			
Media; DE	0,32; 0,37	0,30; 0,39	Z=0,89 p=0,430
3 usos			
Media; DE	0,46; 0,50	0,44; 0,50	Z=0,26 p=0,796

$p > 0,05$ no existe diferencia estadística significativa

En la Tabla 4 se observa la comparación de la identificación de aplanamiento de bordes en las limas mecanizadas One Curve® y One RECI® según el número de usos. En el cero usos no se registró diferencia estadísticamente significativa ($p=1,000$) entre ambos sistemas. Al primer uso se evidenció diferencia significativa ($p=0,150$), con valores más altos en One Curve®. De igual forma, al segundo uso no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p=0,430$), y al tercer uso los resultados continuaron sin mostrar diferencia significativa ($p=0,796$) entre los sistemas evaluados. En conjunto, los resultados muestran que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las limas One Curve® y One RECI® en ninguno de los ciclos de uso evaluados con respecto a la presencia de aplanamiento de bordes.

Tabla 5

Comparación de deformación de punta entre dos sistemas de limas mecanizadas en conductos curvos según número de usos.

Número de usos	Limas mecanizadas		Prueba Mann-Whitney
	One curve®	One RECI®	
0 usos			
Media; DE	0,00; 0,00	0,00; 0,00	Z=0,00 p=1,000
1 uso			
Media; DE	0,13; 0,33	0,03; 0,16	Z=2,93 p=0,003
2 usos			
Media; DE	0,18; 0,38	0,09; 0,29	Z=1,89 p=0,058
3 usos			
Media; DE	0,22; 0,41	0,13; 0,33	Z=1,88 p=0,060

$p > 0,05$ no existe diferencia estadística significativa

$p < 0,01$ diferencia estadística altamente significativa

En la Tabla 5 se observa la comparación de la identificación de deformaciones de punta en las limas mecanizadas One Curve® y One RECI® según el número de usos. En el cero usos no se registró diferencia estadísticamente significativa ($p=1,000$) entre ambos sistemas. En cuanto al primer uso, se evidenció diferencia estadística altamente significativa ($p=0,003$), con valores más altos en One Curve®. Por el contrario, en el segundo uso no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p=0,058$), al igual que en el tercer uso, en donde tampoco se evidenció diferencia estadísticamente significativa ($p=0,060$) entre los sistemas evaluados. En conjunto, los resultados muestran diferencias significativas entre las limas One Curve® y One RECI® en el primer uso, mientras que al segundo y tercer uso los valores de deformación de punta fueron similares.

Tras analizar los defectos superficiales según el número de usos, se presenta a continuación la distribución global de cada tipo de defecto de acuerdo con la localización en el instrumento (tercios coronal, medio y apical). Este enfoque permite comparar ambos sistemas en términos de la zona de mayor afectación, integrando todas las observaciones, sin distinguir por ciclo de uso.

Tabla 6

Comparación de microfisuras entre dos sistemas de limas mecanizadas en conductos curvos según sus tercios.

Tercio dentario	Limas mecanizadas		Prueba Mann-Whitney
	One curve®	One RECI®	
Tercio apical			
Media; DE	3,67; 4,05	4,02; 3,90	Z=1,12 p=0,261
Tercio medio			
Media; DE	0,40; 1,45	0,53; 1,55	Z=0,46 p=0,647
Tercio coronal			
Media; DE	0,38; 1,27	0,14; 0,72	Z=3,08 p=0,002

$p > 0,05$ no existe diferencia estadística significativa

$p < 0,01$ diferencia estadística altamente significativa

En la Tabla 6 se observa la comparación de la identificación de microfisuras en las limas mecanizadas One Curve® y One RECI® según sus tercios. En el tercio apical no se registró diferencia estadísticamente significativa ($p=0,261$) entre ambos sistemas. En el tercio medio tampoco se evidenció diferencia significativa ($p=0,647$). En cambio, en el tercio coronal se encontró una diferencia estadística altamente significativa ($p=0,002$), con valores mayores en One Curve®. En conjunto, los resultados muestran que las diferencias entre las limas One Curve® y One RECI® solo fueron estadísticamente significativas en el tercio coronal.

Tabla 7

Comparación de cráteres entre dos sistemas de limas mecanizadas en conductos curvos según sus tercios.

Tercio dentario	Limas mecanizadas		Prueba Mann-Whitney
	One curve®	One RECI®	
Tercio apical			
Media; DE	9,24; 7,11	7,75; 5,07	Z=1,56 p=0,119
Tercio medio			
Media; DE	5,14; 4,99	3,91; 2,96	Z=1,28 p=0,201
Tercio coronal			
Media; DE	4,16; 3,81	3,31; 2,50	Z=1,51 p=0,132

$p > 0,05$ no existe diferencia estadística significativa

En la Tabla 7 se observa la comparación de la identificación de cráteres en las limas mecanizadas One Curve® y One RECI® según sus tercios. En el tercio apical no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p=0,119$) entre ambos sistemas. En el tercio medio tampoco se registró diferencia significativa ($p=0,201$). Del mismo modo, en el tercio coronal no se evidenció diferencia estadísticamente significativa ($p=0,132$). En conjunto, los resultados muestran que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las limas One Curve® y One RECI® en ninguno de sus tercios analizados con respecto a la presencia de cráteres.

Tabla 8

Comparación de deformaciones de estrías entre dos sistemas de limas mecanizadas en conductos curvos según sus tercios.

Tercio dentario	Limas mecanizadas		Prueba Mann-Whitney
	One curve®	One RECI®	
Tercio apical			
Media; DE	0,06; 0,24	0,07; 0,25	Z=0,22 p=0,822
Tercio medio			
Media; DE	0,09; 0,28	0,09; 0,28	Z=0,00 p=1,000
Tercio coronal			
Media; DE	0,08; 0,27	0,09; 0,29	Z=0,39 p=0,693

$p > 0,05$ no existe diferencia estadística significativa

En la Tabla 8 se observa la comparación de la identificación de deformaciones de estrías en las limas mecanizadas One Curve® y One RECI® según sus tercios. En el tercio apical no se registró diferencia estadísticamente significativa ($p=0,822$) entre ambos sistemas. En el tercio medio tampoco se evidenció diferencia significativa ($p=1,000$). De igual manera, en el tercio coronal no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p=0,693$). En conjunto, los resultados muestran que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las limas One Curve® y One RECI® en ninguno de sus tercios analizados con respecto a la presencia de deformaciones de estrías.

Tabla 9

Comparación de aplanamiento de bordes entre dos sistemas de limas mecanizadas en conductos curvos según sus tercios.

Tercio dentario	Limas mecanizadas		Prueba Mann-Whitney
	One curve®	One RECI®	
Tercio apical			
Media; DE	0,43; 0,50	0,47; 0,50	Z=0,79 p=0,432
Tercio medio			
Media; DE	0,34; 0,47	0,24; 0,43	Z=1,97 p=0,48
Tercio coronal			
Media; DE	0,23; 0,42	0,18; 0,39	Z=1,10 p=0,270

$p > 0,05$ no existe diferencia estadística significativa

En la Tabla 9 se observa la comparación de la identificación de aplanamiento de bordes en las limas mecanizadas One Curve® y One RECI® según sus tercios. En el tercio apical no se registró diferencia estadísticamente significativa ($p=0,432$) entre ambos sistemas. En el tercio medio tampoco se evidenció diferencia significativa ($p=0,48$). Del mismo modo, en el tercio coronal no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p=0,270$). En conjunto, los resultados muestran que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las limas One Curve® y One RECI® en ninguno de sus tercios analizados con respecto al aplanamiento de bordes.

Tabla 10

Comparación de deformación de punta entre dos sistemas de limas mecanizadas en conductos curvos según sus tercios.

Tercio dentario	Limas mecanizadas		Prueba Mann-Whitney
	One curve®	One RECI®	
Tercio apical			
Media; DE	0,39; 0,49	0,17; 0,38	Z=4,36 p<0,001
Tercio medio			
Media; DE	0,00; 0,00	0,00; 0,00	Z=0,00 p=1,000
Tercio coronal			
Media; DE	0,00; 0,00	0,00; 0,00	Z=0,00 p=1,000

p>0,05 no existe diferencia estadística significativa

p<0,01 diferencia estadística altamente significativa

En la Tabla 10 se observa la comparación de la identificación de deformación de punta en las limas mecanizadas One Curve® y One RECI®. Se encontró una diferencia estadística altamente significativa (p<0,001), con valores mayores en One Curve®. En los tercios medio y coronal no se encontraron este tipo de defecto, dado que es propio y exclusivo del tercio apical del instrumento.

Discusión

La preparación biomecánica con instrumentos de aleación NiTi constituye un pilar esencial en endodoncia moderna debido a su capacidad para combinar flexibilidad con resistencia torsional, permitiendo trabajar con seguridad en conductos con curvaturas moderadas o pronunciadas. Sin embargo, dicha aleación presenta susceptibilidad a la iniciación y propagación de microdefectos superficiales que pueden evolucionar hacia fracturas inesperadas.^(23,29,31,32) Estos defectos microscópicos aumentan especialmente en zonas de curvatura, donde las cargas de flexión se concentran y superan repetidamente el umbral elástico local del material. En este contexto, el presente estudio evaluó el deterioro

superficial de los sistemas One Curve® (rotatorio) y One RECI® (reciprocante) según número de usos, buscando no solo comparar su desempeño, sino explicar científicamente la aparición de los defectos superficiales y cómo se relacionan con la cinemática, biomecánica y la metalurgia del NiTi.

En ambos sistemas, el número de usos mostró ser el factor determinante del deterioro. Todos los defectos evaluados tendieron a aumentar desde el primer uso, lo cual concuerda con el fenómeno de fatiga cíclica descrito por Valois C et al.⁽²³⁾, Pérez M et al.⁽²⁸⁾ y Plotino G et al.⁽²⁹⁾ Estos estudios describen que la flexión repetida en la zona de máxima curvatura, combinada con torsión durante el avance y retirada del instrumento, induce microdaños acumulativos que no desaparecen y que se expresan superficialmente bajo microscopía electrónica incluso antes de que el instrumento presente deformaciones visibles. En este sentido, la progresión ascendente de defectos en ambos sistemas confirma que la fatiga acumulativa del NiTi es un fenómeno inevitable y directamente proporcional al número de ciclos clínicos.

Entre los defectos observados, las microfisuras aumentaron progresivamente en ambos sistemas y no mostraron diferencias significativas. Este hallazgo indica que la iniciación de grietas responde principalmente a la fatiga cíclica y no a la cinemática específica. La literatura señala que las microfisuras surgen por la repetida transición de fases martensita↔austenita durante esfuerzos de flexión y torsión;⁽³¹⁾ estas transiciones generan tensiones internas que, al concentrarse en zonas microestructuralmente vulnerables, originan grietas microscópicas. Ortiz D et al.⁽⁶⁾ y Terán S⁽⁷⁾ demostraron que incluso en los primeros usos los instrumentos sometidos a curvatura desarrollan microfisuras en zonas sometidas a mayor concentración de tensión. La ausencia de diferencias entre One Curve® y One RECI® indica que ambos sistemas presentan resistencia similar a la iniciación temprana de microfisuras en un rango de hasta tres usos en conductos curvos moderados.

Por otro lado, las limas One RECI® mostró más cráteres en estado nuevo (0 usos), lo cual sugiere la presencia de microirregularidades de manufactura, fenómeno ya descrito en estudios SEM comparativos de limas nuevas.^(9,11,29) Tras el primer y segundo uso, One Curve® desarrolló significativamente más cráteres que One RECI®, lo cual se explica por el patrón de contacto continuo de la rotación, que genera desgaste abrasivo localizado y favorece la formación de cavidades en la superficie.^(28,29) La acción rotatoria continua

mantiene fricción constante, mientras que el movimiento recíprocante alterna el giro y distribuye mejor las cargas, reduciendo el desgaste inicial.^(13,25) Al tercer uso, ambos sistemas convergieron en valores similares, lo que indica que la fase inicial de adaptación produce más desgaste en rotación, pero posteriormente ambos sistemas estabilizan su patrón de abrasión.

La aparición de cráteres responde a dos mecanismos fundamentales: microcavitación derivada de defectos iniciales propios del proceso de fresado, y por el desgaste abrasivo acelerado por interacción metal-dentina. Pérez M et al.⁽²⁸⁾ y Plotino G et al.⁽²⁹⁾ demostraron que los cráteres aumentan cuando las estrías tienen mayor contacto sostenido con la pared dentinaria, especialmente en sistemas rotatorios. Además, el uso de NaOCl puede favorecer microcorrosión superficial⁽²³⁾ que se manifiesta como cráteres ampliados tras los primeros ciclos. Este doble mecanismo explica el patrón observado en este estudio, en donde, One Curve® desarrolló más cráteres durante el uso temprano.

A su vez, la deformación de estrías fue baja y solo significativa en el primer uso para One Curve®. Este patrón sugiere que la deformación helicoidal refleja el proceso inicial de adaptación del instrumento a la anatomía curvada. Durante los primeros movimientos, el instrumento rotatorio debe vencer mayor resistencia torsional al no existir aún un trayecto parcialmente conformado, lo cual puede inducir deformación plástica localizada en la hélice.^(7,23) Terán S⁽⁷⁾ señala que estas deformaciones son más frecuentes en limas rotatorias y en etapas tempranas del uso. La ausencia de diferencias en usos posteriores indica que, una vez creado un espacio más favorable para el corte, las cargas helicoidales disminuyen.

Adicionalmente, tanto One Curve® como One RECI® mostraron un incremento progresivo del aplanamiento de bordes, sin diferencias significativas entre ambos sistemas. Valois C et al.⁽²³⁾ y Pérez M et al.⁽²⁸⁾ describen que este defecto refleja la pérdida del filo cortante y corresponde a un desgaste abrasivo acumulado, demostrando en sus investigaciones que el filo de las estrías puede degradarse tras pocos ciclos, incluso antes de que el instrumento presente deformaciones visibles. Este desgaste aumenta la necesidad de presión apical, incrementando el estrés torsional y disminuyendo la eficiencia de corte. El hecho de que ambos sistemas presenten patrones similares indica que la cinemática no modifica este tipo de desgaste: la fricción contra dentina es el factor predominante.

En cuanto a la deformación de la punta, se evidenció diferencias significativas en el primer uso, siendo mayor en One Curve®. Este hallazgo tiene fundamento biomecánico claro: la punta es la región que mayor carga torsional y flexional concentra, especialmente en rotación continua. La reciprocación disminuye la torsión acumulada en la punta gracias a la inversión periódica del giro,^(20,21) lo cual confiere mayor estabilidad apical. Estudios metalúrgicos recientes muestran que la región apical es la más susceptible a deformaciones plásticas y a fallas por torsión.^(29,32) La mayor deformación inicial de One Curve® indica que, en conductos curvos moderados, el movimiento rotatorio exige un esfuerzo de penetración más sostenido, lo cual produce mayor deformación apical temprana.

Por otra parte, el análisis de los defectos superficiales de las limas mecanizadas segmentadas por tercios, proporciona una comprensión más precisa de cómo se distribuyen las tensiones durante la instrumentación y cómo estas influyen en la aparición en ambos sistemas. Los tercios no experimentan cargas homogéneas: el tercio apical recibe la mayor combinación de flexión y torsión, el tercio medio experimenta fuerzas de transición y el tercio coronal concentra fricción lateral con menor elasticidad requerida.^(23,28,29)

En el presente estudio los cráteres fueron más numerosos en el tercio apical en ambos sistemas, lo cual se explica por la combinación de torsión y flexión máximas concentradas en esta zona. La literatura señala que el tercio apical es especialmente vulnerable al desarrollo de defectos profundos debido a la mayor curvatura anatómica y a la concentración de esfuerzos repetitivos. Aunque algunos estudios reportan mayor desgaste abrasivo en el tercio coronal por fricción lateral, en este caso la mayor complejidad mecánica y la interacción con NaOCl favorecieron la formación de cráteres más marcados en el tercio apical.^(23,28,29) Este hallazgo confirma que la distribución del estrés, y no solo la fricción, determina la localización del daño superficial.

Así mismo, las microfisuras se concentraron igualmente en el tercio apical, lo que coincide con la mayor exigencia de flexión cíclica en esta región y con la transición martensita-austenita descrita en la literatura.⁽³¹⁾ En contraste, la deformación de estrías mostró una mayor incidencia en el tercio medio, lo que sugiere que esta región actúa como zona de transición donde coinciden fricción lateral y cargas torsionales moderadas.^(29,31,32) Por su parte, el aplanamiento de bordes presentó su mayor frecuencia

en el tercio apical en ambos sistemas, lo que evidencia que este defecto está estrechamente relacionado con la combinación de fricción concentrada y mayor carga mecánica en la zona de penetración apical. Esta predominancia apical coincide con estudios que señalan que la región apical experimenta mayor desgaste funcional debido a la mayor resistencia dentinaria y a la geometría estrecha del conducto.^(23,28)

La integración de los hallazgos por número de usos y por tercios radiculares revela un patrón consistente y coherente con la biomecánica del NiTi y la cinemática de ambos sistemas. One Curve® presentó deterioro más acelerado durante los primeros usos, especialmente en la punta y en la formación de cráteres, lo cual refleja la influencia directa de la rotación continua sobre la acumulación de torsión y fricción lateral.^(23,28,29) One RECI®, por su parte, mostró un comportamiento más estable en las fases iniciales, atribuible a la reducción de la torsión neta que proporciona la reciprocación.^(13,20,21) Sin embargo, conforme aumentaron los ciclos de uso, ambos sistemas convergieron en patrones de desgaste similares, confirmando que la fatiga cíclica es un fenómeno común a toda aleación NiTi independientemente de la cinemática.^(31,41)

La aleación C-Wire de One Curve® otorga mayor flexibilidad inicial, pero también mayor susceptibilidad a deformación plástica cuando se enfrenta a torsión acumulada, especialmente en la punta. Estudios recientes han demostrado que las aleaciones termoactivadas, aunque más flexibles, pueden presentar mayor deformación acumulada según el diseño y la dirección de corte.^(42,43) Por el contrario, el comportamiento más estable de One RECI® se alinea con reportes que demuestran que la reciprocación reduce la magnitud de la torsión repetitiva, protegiendo regiones apicales y disminuyendo la probabilidad de deformaciones tempranas.^(41,44) Esta diferencia metalúrgica explica por qué One Curve® mostró mayor deterioro apical inicial a pesar de su diseño termoactivado.

Por consiguiente, la mayor incidencia de defectos en el tercio apical durante el primer uso en One Curve® explica su deterioro más marcado en los análisis globales. Por su parte, el mejor desempeño inicial de One RECI® coincide con la menor exigencia torsional de la reciprocación y ha sido documentado en estudios que comparan la resistencia a la deformación de instrumentos recíprocos frente a rotatorios.^(42,44) No obstante, en usos acumulados, ambos sistemas mostraron incrementos similares en microfisuras y desgaste, lo cual confirma que la fatiga acumulativa es el principal

determinante de falla. Esta convergencia final es coherente con la evidencia de que ningún sistema NiTi mantiene su integridad estructural tras múltiples ciclos de uso sostenido.^(31,41)

En síntesis, la interpretación combinada de los resultados sugiere que One Curve® podría mostrar menor predictibilidad en el primer uso en conductos curvos debido a su mayor deformación apical inicial, mientras que One RECI® ofrece un desempeño más estable en fases tempranas. Sin embargo, ambos sistemas presentan desgaste progresivo que limita su reutilización, concordando con recomendaciones clínicas que enfatizan la importancia de restringir el número de usos para minimizar riesgo de fractura.^(42,45) La evidencia metalúrgica reciente también sugiere que la combinación de fatiga torsional y cíclica puede producir defectos subcríticos difíciles de detectar clínicamente, justificando la tendencia actual hacia protocolos de uso único en sistemas NiTi.^(43,45)

Finalmente, es propicio recalcar que el presente estudio, al realizarse *in vitro*, no reproduce completamente las condiciones clínicas, donde factores como temperatura intracanal, humedad, irrigación dinámica y presencia de tejido pulpar pueden modificar la interacción entre el NiTi y la dentina, afectando tanto la corrosión como la fatiga estructural.^(41,43) Asimismo, la relativa homogeneidad anatómica de las muestras limita la generalización de los resultados, ya que pequeñas variaciones en el radio y grado de curvatura pueden alterar significativamente la magnitud de las fuerzas de flexión y torsión a las que se someten los instrumentos.^(42,45) El análisis se restringió a tres ciclos de uso, lo que impide valorar el daño subcrítico que podría acumularse con más usos y que se ha descrito como determinante en la progresión hacia fracturas clínicas silenciosas.^(41,43) Además, la ausencia de pruebas mecánicas complementarias como fatiga cíclica o resistencia torsional posteriores al uso impide establecer si los defectos identificados representan un umbral crítico de falla.^(44,45)

Los resultados del estudio tienen relevancia directa para la práctica clínica. One RECI® mostró menor deterioro inicial en la punta y menor formación temprana de cráteres, lo que sugiere un comportamiento más estable y seguro durante los primeros usos, especialmente en conductos curvos, coherente con la reducción de estrés torsional que caracteriza a los sistemas reciprocantes.^(15,20,21,29) En contraste, One Curve® mostró mayor desgaste inicial en regiones apicales, lo que podría requerir un uso más cuidadoso en anatomías complejas. Ambos sistemas evidenciaron incremento progresivo de

defectos conforme aumentaron los usos, reforzando la recomendación clínica de limitar la reutilización para disminuir el riesgo de fractura.^(31,41) El desgaste del filo cortante, identificado en ambos sistemas, reduce la eficiencia de corte y aumenta la torsión acumulada, fenómeno ampliamente documentado,⁽⁴⁵⁾ por lo que su reconocimiento como indicador clínico de reemplazo es fundamental para evitar accidentes operatorios y preservar la anatomía radicular.

Conclusiones

La instrumentación en conductos curvos moderados generó defectos superficiales en ambos sistemas, observándose diferencias iniciales con un mayor deterioro en One Curve®. Sin embargo, al tercer uso no se encontraron diferencias entre ambos sistemas.

A lo largo de los tres usos evaluados, los defectos superficiales aumentaron progresivamente en ambos sistemas, observándose diferencias entre One Curve® y One RECI® únicamente en los dos primeros usos, particularmente en cráteres, deformación de punta y deformación de estrías; en el tercer uso no se encontraron diferencias entre ambos sistemas

Según los tercios del instrumento, no se encontraron diferencias entre One Curve® y One RECI® en la mayoría de los defectos. Las únicas diferencias se observaron en una mayor presencia de microfisuras en el tercio coronal y de deformación de punta en One Curve®. En general, los defectos se concentraron en el tercio apical, salvo la deformación de estrías, que mostró menor afectación en esta zona.

Recomendaciones

Dado que los cráteres fueron el defecto más frecuente identificado en ambos sistemas, y considerando que este tipo de alteración se ha asociado en la literatura al inicio de microfisuras y a un mayor riesgo de fractura por fatiga cíclica y torsional, se recomienda realizar una inspección minuciosa del instrumento después de cada uso y ser cauteloso con su reutilización, especialmente en conductos curvos moderados. Esta recomendación se sustenta en que el presente estudio no evaluó ciclos adicionales más allá del tercer uso.

Es importante mantener una atención particular en el tercio apical del instrumento, ya que fue la zona con mayor concentración de defectos en ambos sistemas y presenta la mayor exigencia mecánica durante la instrumentación. La detección temprana de alteraciones en esta región puede contribuir a prevenir fallas asociadas a flexión repetida y torsión simultánea.

Se recomienda, también, realizar estudios que incluyan pruebas mecánicas complementarias, como resistencia a la fatiga cíclica y torsional, con el fin de correlacionar los defectos superficiales con el riesgo real de fractura. Así también, aplicar simulaciones de distintas condiciones clínicas y protocolos de irrigación; ello permitiría comprender mejor el comportamiento de cada sistema y fortalecer la base de evidencia.

Dado que las diferencias entre sistemas se presentaron principalmente en los primeros usos y no se mantuvieron al tercer ciclo, se recomienda que futuros estudios evalúen los instrumentos bajo ciclos de uso más prolongados o en distintas fases clínicas, a fin de determinar si el comportamiento similar observado al tercer uso se mantiene o diverge con mayor desgaste.

Declaración de conflicto de intereses y financiamiento

Declaración de conflicto de intereses: la autora declara no presentar conflictos de interés relacionados con los materiales, marcas comerciales o equipos utilizados en el presente estudio. No se recibió financiamiento externo ni apoyo de entidades comerciales para la ejecución de esta investigación.

Declaración de financiamiento: el presente trabajo fue autofinanciado en su totalidad por la autora, sin participación de instituciones, empresas o terceros.

Referencias

1. Rodríguez C, Oporto V. Determinación de la Longitud de Trabajo en Endodoncia: Implicancias Clínicas de la Anatomía Radicular y del Sistema de Canales Radiculares. *Int J Odontostomatol* [Internet]. 2014 [citado 10 de agosto de 2024]; 8(2): 177-83. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-381X2014000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
2. López J. Prevalencia del conducto mb2 analizado por el método de diafanización de robertson. 2022 [citado 10 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12930/9583>
3. Betancourt P, Cantín M, Fuentes R. Frecuencia del canal MB2 en la raíz mesiovestibular del primer molar maxilar en estudios in vitro e in vivo: una revisión sistemática. *Av En Odontostomatol* [Internet]. 2014; 30(1):11-22. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0213-12852014000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
4. Reis A, Grazziotin R, Barletta F, Fontanella V, Mahl C. Second Canal in Mesio Buccal Root of Maxillary Molars Is Correlated with Root Third and Patient Age: A Cone-beam Computed Tomographic Study. *J Endod* [Internet]. 2013 [citado 10 de agosto de 2024]; 39(5): 588-92. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0099239913001313>
5. Regalado L, Palacios W, Martínez J, Kattan A, Cruz R. Prevalencia del segundo conducto radicular en incisivos inferiores y su importancia clínica. *Masferrer Investiga Rev Científica* [Internet]. 2022 [citado 10 de agosto de 2024]; 2-12. Disponible en: <https://fi-admin.bvsalud.org/document/view/z43g4>
6. Ortiz D, Guillén R, Moya V, Ayala S. Defectos superficiales de las limas mecanizadas después de la instrumentación de conductos curvos. *Metro Cienc* [Internet]. 2023 [citado 10 de agosto de 2024]; 31(4): 29-34. Disponible en: <https://www.revistametrociencia.com.ec/index.php/revista/article/view/614>
7. Terán S. Defectos superficiales de las limas mecanizadas de permeabilidad. Estudio in vitro. *reportaendo* [Internet]. 2019 [citado 13 de agosto de 2024]. Disponible en: https://www.academia.edu/77229384/DEFECTOS_SUPERFICIALES_DE_LAS_LIMAS_MECANIZADAS_DE_PERMEABILIDAD_Estudio_in_vitro

8. Chan W, Gulati K, Peters O. Advancing Nitinol: From heat treatment to surface functionalization for nickel-titanium (NiTi) instruments in endodontics. *Bioact Mater* [Internet]. 2022 [citado 13 de agosto de 2024]; 22: 91–111. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36203965/>
9. Nieto C, Pazmiño DM. Estudio comparativo de los defectos superficiales de las limas Reciproc y Wave One Gold después de la instrumentación de conductos radiculares en molares extraídos mediante el uso de Microscopía Electrónica de Barrido. *Odonto Investigación* [Internet]. 2017 [citado 13 de agosto de 2024]; 3(2). Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/odontoinvestigacion/article/view/949>
10. Espinoza M. Defectos y/o deformaciones en limas mecanizadas. La Paz Bolivia [tesis doctoral]. 2022. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/28700/TE-55.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
11. Chopra K, Ballal N. Comparison of Surface Defects in Different Rotary Files: An in-Vitro Study. *Pesqui Bras Em Odontopediatria E Clínica Integrada*. 2024; 25: 230153. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/pboci/a/b9k9xpkSB6nJMPtwzV9kvCc/>
12. Howait M. Reciproc Endodontic File Surface Defects After Single Use: An SEM Analysis. *J Int Soc Prev Community Dent* [Internet]. 30 de enero de 2021;11(1):98-103. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7934823/>
13. Purayil T, Ballal V, Ginjupalli K. Comparative Evaluation of Surface Defects In Single File Rotary Systems Before and After Instrumentation In Curved Root Canals. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 21 de agosto de 2018;26. DOI: 10.1922/EJPRD_01714Purayil06
14. Bedregal A, Quispe D. Descripción de las curvaturas radiculares en incisivos laterales y caninos superiores permanentes de un Centro Odontológico Privado, Arequipa - 2021. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10603/1/IV_FCS_503_TE_Bedregal_Quispe_2021.pdf
15. Berutti E, Chiandussi G, Paolino D, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, et al. Canal shaping with WaveOne Primary reciprocating files and ProTaper system: a comparative study. *J Endod*. abril de 2012;38(4):505-9.
16. Aasim S, Mellor A, Qualtrough A. The effect of pre-soaking and time in the ultrasonic cleaner on the cleanliness of sterilized endodontic files. *Int Endod J*. febrero de 2006;39(2):143-9.

17. Berutti E, Paolino D, Chiandussi G, Alovise M, Cantatore G, Castellucci A, et al. Root canal anatomy preservation of WaveOne reciprocating files with or without glide path. *J Endod.* enero de 2012;38(1):101-4.
18. Saricam E, Kayaoglu G. Comparison of One Shape, Shapeand One Curve endodontic instruments for debris and irrigant extrusion. *Dent Med Probl* [Internet]. 2020 [citado 29 de agosto de 2024]; 57(3), 255-259. doi: 10.17219/dmp/119771
19. Azizi A, et al. In-Depth Metalurgical and Microstructural Analysis of Oneshape and Heat Treated Onecurve Instruments. *European endodontic journal* [Internet]. 2021 [citado 29 de agosto de 2024]; 6(1), 90-97. Disponible en: <https://doi.org/10.14744/ej.2021.63634>
20. Seracchiani M, et al. Mechanical Performance and Metallurgical Characteristics of 5 Different Single-file Reciprocating Instruments: A Comparative In Vitro and Laboratory Study. *Journal of endodontics* [Internet]. 2022 [citado 29 de agosto de 2024]; 48(8), 1073-1080. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2022.05.009>
21. Çiftçiöğlü E, Keleş A, Akbal G, Ateş O, Küçükay E. Shaping ability of WaveOne Gold and OneReci by using two apical sizes: a micro-computed tomographic. *Peer J* [Internet]. 2023 [citado 29 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.7717/peerj.15208>
22. Seracchiani M, Reda R, Zanza A, D'Angelo M, Russo P, Luca T. Mechanical Performance and Metallurgical Characteristics of 5 Different Single-file Reciprocating Instruments: A Comparative in Vitro and Laboratory Study. *Journal of endodontics* [Internet]. 2022 [citado 29 de agosto de 2024]; 48(8). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2022.05.009>
23. Valois C, Silva L, Azevedo R. Atomic force microscopy study of stainless-steel and nickel-titanium files. *J Endod.* diciembre de 2005;31(12):882-5.
24. Gil Valcárcel A, Tamayo N, Vidi B, Rico C, Mena J, Paz M, Martín A, Aragonese J. Limas rotatorias de uso en Odontopediatría: revisión de la Literatura. *Cient. Dent.* 2023; 20(3): 147-154
25. Zafar M. Impact of Endodontic Instrumentation on Surface Roughness of Various Nickel-Titanium Rotary Files. *Eur J Dent* [Internet]. 2021 [citado 30 de agosto de 2024]; 15(2): 273-80. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8184277/>

26. Cheung G, Shen Y, Darvell B. Does electropolishing improve the low-cycle fatigue behavior of a nickel-titanium rotary instrument in hypochlorite? *J Endod.* 2007; 33(10): 1217-21.
27. Zheng YF, Shen Y, Haapasalo M, Zhou H. The design of nickel-titanium rotary instruments and its effect on fracture resistance. *J Endod.* 2013 Aug;39(8):e10-4.
28. Pérez M, Almenara S, Almenara C, Arias A, Arrabal-Polo MÁ. Analysis of surface defects and roughness in new and used nickel-titanium instruments. *Int Endod J.* 2017 May;50(5):502–9.
29. Plotino G, Grande NM, Bellucci F, Testarelli L, Gambarini G. Surface features and defects of six brands of endodontic rotary instruments: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2012 Mar;38(3):360–4.
30. Gambarini G. Rationale for the use of low-torque motors in root canal instrumentation. *Endod Dent Traumatol.* 2000 Feb;16(1):15–9.
31. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Metallurgical characteristics and properties of Nickel-Titanium (NiTi) materials used in endodontics. *J Endod.* 2011 Dec;37(12):1598–608.
32. Sattapan B, Nervo G, Palamara J, Messer H. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod.* 2000; 26(3): 161-5.
33. World Medical Association. Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA.* 2013; 310(20): 2191–2194. doi:10.1001/jama.2013.281053
34. International Organization for Standardization. ISO 3696:1987. Water for analytical laboratory use — Specification and test methods. Geneva: ISO; 1987. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/9169.html>
35. International Organization for Standardization. ISO 29022:2013. Dentistry — Adhesion — Notched-edge shear bond strength test method. Geneva: ISO; 2013 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/45285.html>
36. Krasner P, Rankow HJ. Anatomy of the pulp-chamber floor. *J Endod.* 2004;30(1):5-16.
37. Bjorndal L, Reit C. The pulp biology of dental caries and its clinical management. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;87(6):749-760.
38. Micro-Mega / COLTENE. One Curve Rotary File System — Technical Data Sheet. Neuchâtel: COLTENE Group; 2024. Disponible en:

<https://guneydis.com/Kataloglar/one-curve-brosur-ingilizce-0511477f-fac6-49a4-95ae-e70d34cb3dda.pdf>

39. Micro-Mega / COLTENE. One Reçi Reciprocating File System — Technical Data Sheet. Besançon: COLTENE Group; 2024. Disponible en: <https://www.micro-mega.com/wp-content/uploads/2024/12/FLYER-MicroMega-One-RECI-EN.pdf>
40. International Organization for Standardization. ISO 3630-1: Dentistry — Root-canal instruments — Part 1: General requirements and test methods. Geneva: ISO; 2008.
41. Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New insights into the fatigue and fracture behavior of NiTi endodontic instruments. *Int Endod J*. 2018;51(9):1080–93. doi:10.1111/iej.12936
42. Ye J, Gao Y. Metallurgical characterization of M-Wire nickel–titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. *J Endod*. 2012;38(1):105–07. doi:10.1016/j.joen.2011.10.002
43. Shen Y, Coil JM, Haapasalo M. Defects in nickel–titanium instruments after clinical use: metallurgical reasons and clinical implications. *Endod Topics*. 2013;29(1):27–41. doi:10.1111/etp.12037
44. Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel–titanium rotary instruments. *J Endod*. 2009;35(11):1469–76. doi:10.1016/j.joen.2009.08.008
45. Bahia MGA, Buono VTL. A critical appraisal of mechanical tests for NiTi endodontic instruments. *Int Endod J*. 2020;53(10):1435–47. doi:10.1111/iej.13374

Anexos

Anexo 1: Resolución de aprobación por partes del Comité de Ética



CONSEJO DE FACULTAD RESOLUCIÓN N° 176-2025-USAT-FMED

Chiclayo, 22 de mayo de 2025

Vista la solicitud virtual N° TRL-2025-8415 en virtud de la aprobación con fecha 20 de mayo de 2025 por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Medicina del Proyecto de Investigación de la estudiante VILLEGAS CARO LUCIANA MAYBET, de la Escuela de Odontología. Asesor: Mtro. C.D. Kevin Gilmer Rondan Bermeo.

CONSIDERANDO:

Que esta investigación forma parte de las áreas y líneas de investigación de la Escuela de Odontología.

Que el proyecto de Investigación denominado: **COMPARACIÓN DE LOS DEFECTOS SUPERFICIALES ENTRE DOS SISTEMAS DE LIMAS MECANIZADAS EN CONDUCTOS CURVOS**, fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Medicina.

En uso de las atribuciones conferidas por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo;

SE RESUELVE:

Artículo 1º.- Anular y dejar sin efecto la Resolución N° 148-2025-USAT-FMED de fecha 16.04.2025.

Artículo 2º.- Declarar aprobado el Proyecto de Investigación para continuar con el proceso de recolección de datos y finalización del mismo.

Artículo 3º.- Dar a conocer la presente resolución a la interesada.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Mtro. Martha Roxana Rodriguez Rodriguez
Secretaria Académica
Facultad de Medicina

Mtro. Sorey Garlet Gayoso Dianderas
Decano (e)
Facultad de Medicina

Anexo 2: Ficha de Recolección de Datos

Especimen N° _____		Defectos superficiales en limas One Curve®				
Número de usos	Tercios	Microfisuras	Cráteres	Deformación de estrías	Aplanamiento de bordes	Deformación de la punta
0 usos	Coronal					
	Medio					
	Apical					
1 uso	Coronal					
	Medio					
	Apical					
2 usos	Coronal					
	Medio					
	Apical					
3 usos	Coronal					
	Medio					
	Apical					

Especimen N° _____		Defectos superficiales en limas One RECI®				
Número de usos	Tercios	Microfisuras	Cráteres	Deformación de estrías	Aplanamiento de bordes	Deformación de la punta
0 usos	Coronal					
	Medio					
	Apical					
1 uso	Coronal					
	Medio					
	Apical					
2 usos	Coronal					
	Medio					
	Apical					
3 usos	Coronal					
	Medio					
	Apical					

Anexo 3: Solicitud para donación de órganos dentarios

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Chiclayo, _____ de _____ del 2025

SEÑOR (A): Dr.(a) _____

La estudiante de pregrado Villegas Caro Luciana, estudiante del X ciclo de la Escuela de Odontología de la Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo, identificada con DNI 73736249, con código de estudiante 191TD87790 de 22 años de edad, domiciliada en calle Jorge Chavez 250 - Reque, con el debido respeto me dirijo a usted y expongo lo siguiente:

Me encuentro desarrollando mi proyecto de investigación “Comparación de los defectos superficiales entre dos sistemas de limas reciprocantes en el conducto mesiovestibular del primer molar superior”. Por tal motivo solicito me pueda donar órganos dentarios (primer molar superior) de su clínica y/o consultorio para el estudio de mi proyecto, el correo electrónico donde puede contactarme es lucianavillegascar@gmail.com y el número de celular 906997567. Agradezco de antemano su gentil apoyo y comprensión frente a lo solicitado. Sin otro particular, me despido de Ud., reiterándole mi especial consideración y estima personal.

Villegas Caro, Luciana Maybet

Código: 191TD87790

Anexo 4: Consentimiento informado

Consentimiento Informado de donación de órganos dentarios para investigación

Yo, _____, identificado(a) con DNI N° _____, de _____ años de edad, declaro de manera libre, consciente y voluntaria mi decisión de autorizar la donación de la(s) pieza(s) dentaria(s) que serán extraídas durante mi atención odontológica. Dichas piezas podrán ser empleadas exclusivamente con fines de investigación científica en el área de estomatología, en el marco del estudio titulado: “Comparación de los defectos superficiales entre dos sistemas de limas mecanizadas en conductos curvos”, desarrollado en la Escuela de Odontología de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Manifiesto que:

- La donación de mis dientes no implica ningún costo ni compensación económica.
- La información personal será manejada de forma confidencial y anónima.
- Los órganos dentarios donados serán utilizados únicamente con fines científicos y no tendrán ningún uso comercial.
- He sido adecuadamente informado(a) sobre el propósito de la donación y otorgo mi consentimiento.

Lugar y fecha: _____

Firma del donante: _____

Firma del investigador responsable:



Luciana Maybet Villegas Caro

Asesor:

Ms. C.D. Kevin Gilmer Rondán Bermeo

Anexo 5: Constancia de servicio del MEB



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, DECANA DE
AMÉRICA) FACULTAD DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS LABORATORIO DE
EQUIPAMIENTO ESPECIALIZADO



REPORTE SESIÓN DE MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO

MICROSCOPIO ELECTRONICO DE BARRIDO

(MEB) MARCA: INSPECT

MODELO: S50

FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 23/07/2025

FECHA DE EJECUCIÓN DEL SERVICIO: 23/07/2025 al 20/09/2025

FECHA DE EMISION DE INFORME: 20/09/2025

MUESTRA: limas odontológicas (08).

Se informa que entre los días 23 de julio y 20 de septiembre 2025 se llevó a cabo la sesión de microscopía electrónica de barrido para la Srta. LUCIANA MAYBET VILLEGAS CARO. Durante la sesión, se analizaron 80 muestras de limas.

Todas las muestras fueron montadas en fibra de carbono sobre plataformas de metal conocidas como "stubs". La observación se realizó utilizando el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) FEI INSPECT S50 en condiciones de alto vacío, con niveles de magnificación de 100 x, 200 x y 500 x.

Los parámetros utilizados para el filamento fueron los siguientes: abertura de 5, distancia de trabajo de 10 mm y una intensidad energía eléctrica de kilovoltios 12 a 12.5 (kV). Se entregaron aproximadamente 960 fotos como parte del análisis que fueron compartidas a través de una carpeta de Google Drive para su acceso y revisión.

Atentamente,

Lic. Danayra Cristhel Cruz Espinoza
Técnica
Laboratorio de Equipamiento Especializado
Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Anexo 6: Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Tipo	Escala	Valor
Sistemas de limas mecanizadas	Instrumentos para el tratamiento de endodoncia, los cuales ayudan a preparar y conformar el conducto radicular de una manera más cómoda y práctica. ⁽²⁴⁾	Es el nombre comercial de la lima, clasificado por la cinemática de movimiento del motor (rotación o reciprocación).	Etiqueta de la presentación comercial.	Cualitativa Dicotómica	Nominal	1: One Curve® 2: One RECI®
Defectos superficiales totales	Irregularidades de la superficie de la lima que desempeñan un papel en la fractura del instrumento, comprometiendo la integridad o geometría de la lima. ⁽²⁵⁾	Suma total de la ocurrencia de los tres defectos específicos (microfisuras, cráteres y deformación plástica) en cualquier tercio de cada lima.	Conteo de ocurrencias de los tres defectos observadas en el MEB.	Cuantitativa Discreta	Razón	Número entero ≥ 0
Microfisuras	Discontinuidades microscópicas en la superficie de la lima, las cuales comprometen su integridad; indicativas del inicio de la fatiga cíclica. ^(27,28)	Suma total del número de grietas o líneas finas en la superficie de la lima.	Conteo del número de microfisuras observadas en el MEB.	Cuantitativa Discreta	Razón	Número entero ≥ 0
Cráteres	Irregularidades puntuales en forma de pozo o picadura, resultantes de la corrosión, fricción o defectos de fabricación, comprometiendo su integridad. ^(28,29)	Suma total del número de depresiones circulares o irregulares con pérdida de sustancia en la superficie.	Conteo del número de cráteres observadas en el MEB.	Cuantitativa Discreta	Razón	Número entero ≥ 0

Deformación de estrías	Cambio permanente y no reversible en la geometría helicoidal (paso de las hélices), debido a sobrecarga torsional, excediendo su límite elástico. ⁽³¹⁾	Suma total del número de zonas donde se observa enrollamiento (espiras juntas) o alargamiento (espiras separadas).	Conteo del número de deformaciones de estrías observadas en el MEB.	Cuantitativa Discreta	Razón	Número entero ≥ 0
Aplanamiento de bordes	Cambio permanente y no reversible en la geometría de los bordes cortantes (cortes del filo), debido a microdeformación plástica y desgaste abrasivo. ⁽³¹⁾	Suma total del número de zonas donde se observa un filo redondeado, romo o aplanado.	Conteo del número de aplanamientos de bordes observadas en el MEB.	Cuantitativa Discreta	Razón	Número entero ≥ 0
Deformación de la punta	Cambio permanente y no reversible en la geometría del ápice del instrumento, debido a sobrecarga flexural. ⁽³¹⁾	Suma total del número de zonas donde se observa la presencia de una punta doblada o distorsionada.	Conteo del número de deformaciones plásticas observadas en el MEB.	Cuantitativa Discreta	Razón	Número entero ≥ 0
Número de usos	Cantidad de veces que se utiliza el instrumento a la longitud de trabajo. ⁽²⁵⁾	Conteo del ciclo de instrumentación al que fue sometida la lima hasta su observación en el MEB.	Número de ciclos de instrumentación.	Cuantitativa Discreta	Razón	0: 0 usos 1: 1 usos 2: 2 usos 3: 3 usos
Tercios de la lima	Región longitudinal del cuerpo activo de la lima de acuerdo a los tercios radiculares que conformarán durante el procedimiento. ⁽²⁵⁾	Segmentación de la parte activa de las limas mecanizadas en tres porciones iguales para su análisis.	Región donde se toma la microfotografía.	Cualitativa Politómica	Nominal	1: coronal 2: medio 3: apical

Anexo 7: Constancia de servicio estadístico**Constancia**

El que suscribe, **Luis Alberto Estrada Alva**, Licenciado en Estadística y Máster en Ciencias con mención en Estadística, Colegio de Estadísticos del Perú, COESPE N° 184, hace constar haber asesorado en la parte estadística del proyecto de tesis intitulada:

“COMPARACIÓN DE LOS DEFECTOS SUPERFICIALES ENTRE DOS SISTEMAS DE LIMAS RECIPROCANTES EN CONDUCTOS CURVOS.”

que tiene por autora a:

LUCIANA MAYBET VILLEGAS CARO

Alumna de la Escuela de Odontología de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo de la ciudad de Chiclayo.

Atentamente,



Luis Alberto Estrada Alva

D.N.I. 17875883

Anexo 8: Registro fotográfico del procedimiento



Figura 1. Conservación de los órganos dentarios en agua desionizada según protocolo de preservación estructural.



Figura 2. Medición del ángulo de curvatura radicular con el método de Schneider a partir de una imagen de radiovisiografía.



Figura 3. Selección y preparación de dientes, incluyendo recorte para estandarización de longitud.



Figura 4. Programación del endomotor según especificaciones de cada sistema de limas mecanizadas



Figura 5. Observación inicial de las limas bajo microscopio óptico para verificación de su integridad, grabado y rotulado.



Figura 6. Limas mecanizadas vistas en microscopio óptico



Figura 7. Instrumentación de conducto radicular realizada bajo microscopio operatorio dental, utilizando los sistemas mecanizados evaluados.



Figura 8. Almacenamiento y transporte de limas para limpieza y desinfección



Figura 9. Limas mecanizadas en bandeja ultrasónica.

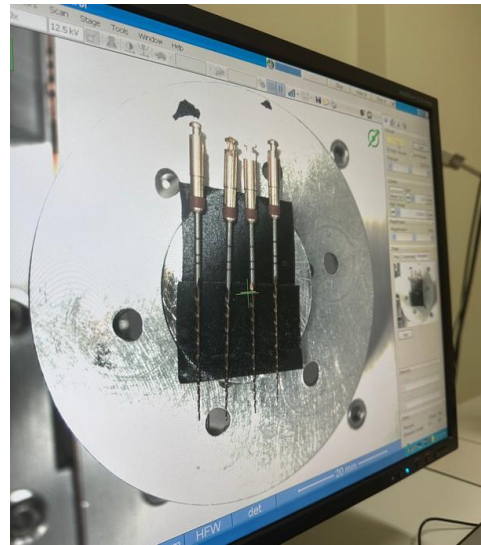


Figura 10. Observación inicial de limas en el MEB, montadas sobre un stub metálico con cinta de carbono. Imagen adquirida con un voltaje de aceleración de 12.5 kV.

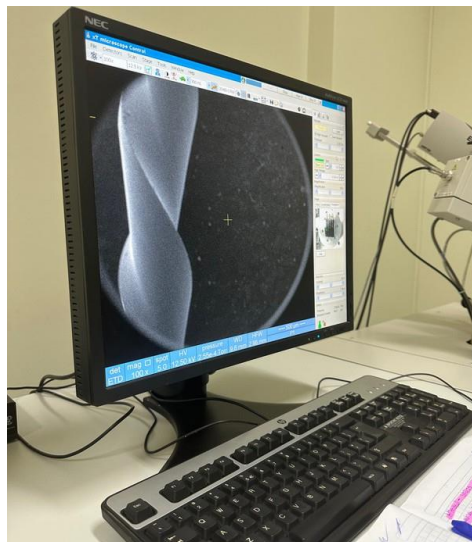
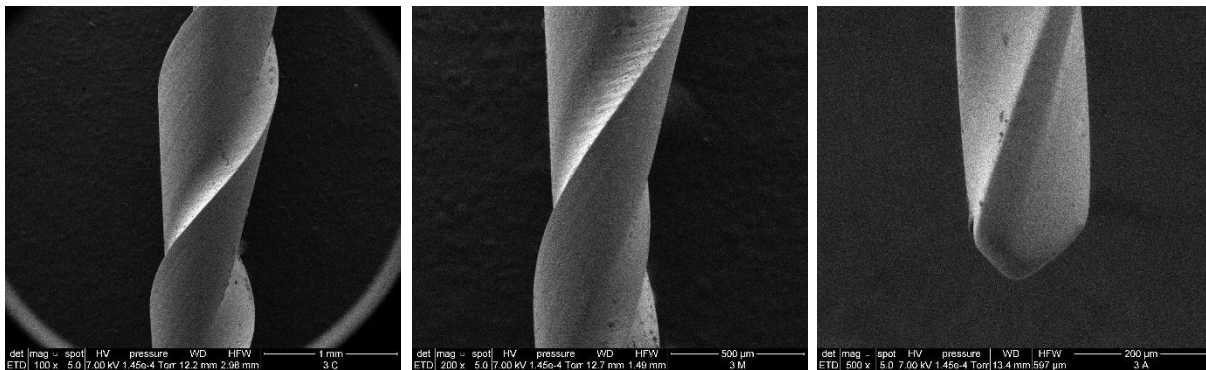
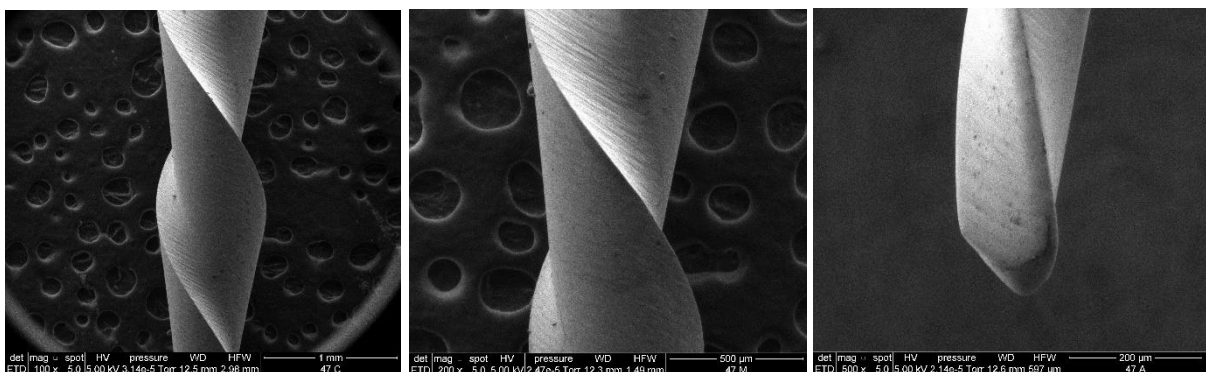


Figura 11. Visualización en el MEB de la superficie de la lima endodóntica con una magnificación a 200x, empleada para el estudio del tercio medio del instrumento.

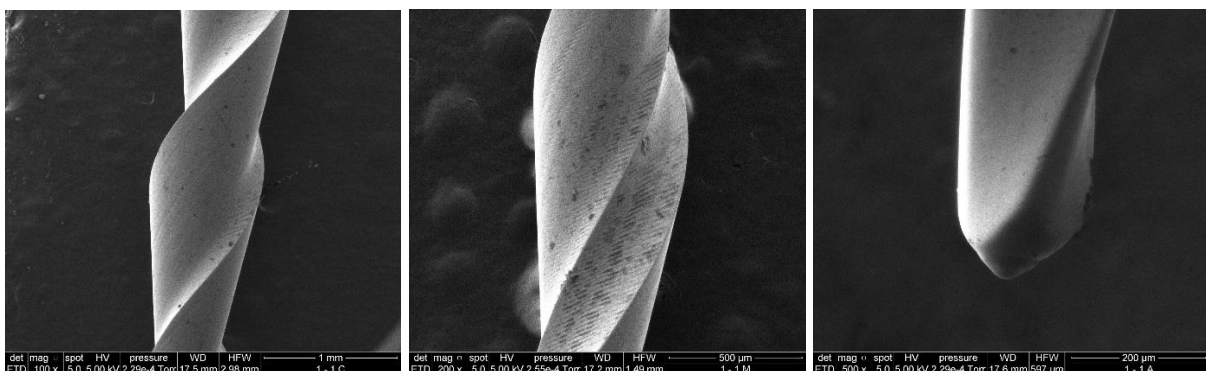
Anexo 9: Micrografías en MEB utilizadas para el análisis de defectos superficiales



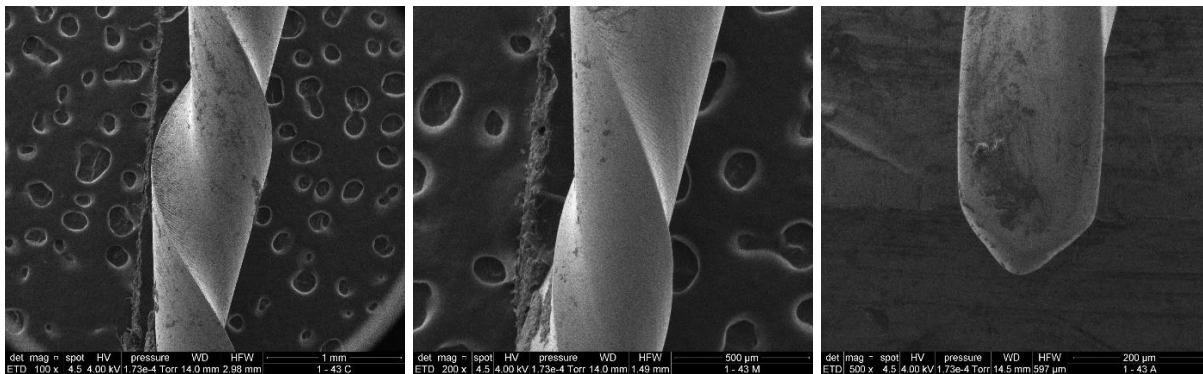
Lima One Curve® – Uso 0: tercios coronal (100×), medio (200×) y apical (500×).



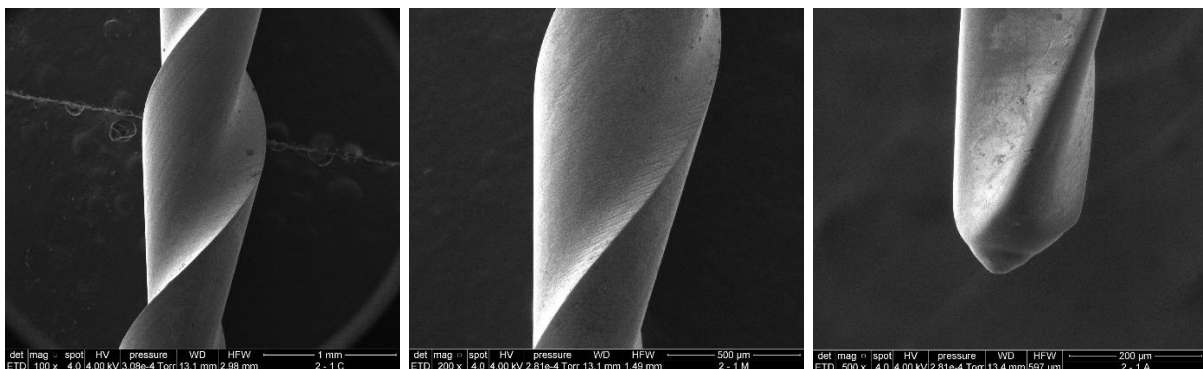
Lima One RECI® – Uso 0: tercios coronal (100×), medio (200×) y apical (500×).



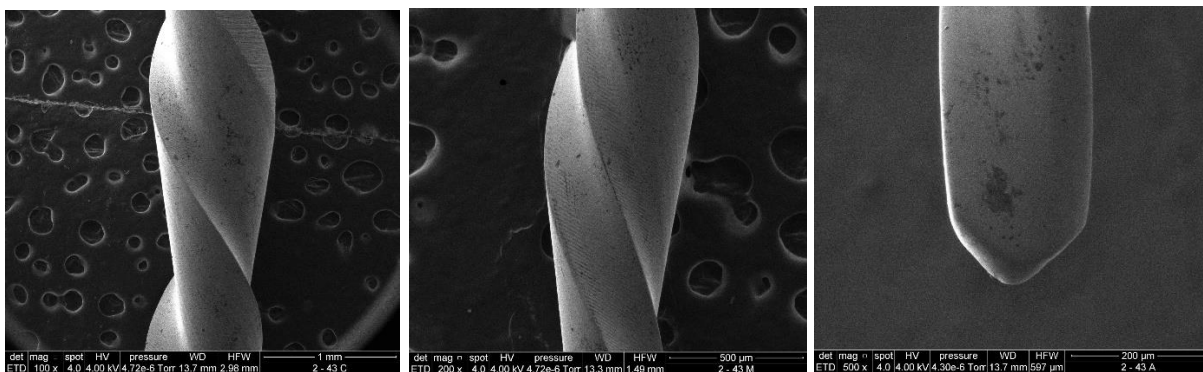
Lima One Curve® – Uso 1: tercios coronal (100×), medio (200×) y apical (500×).



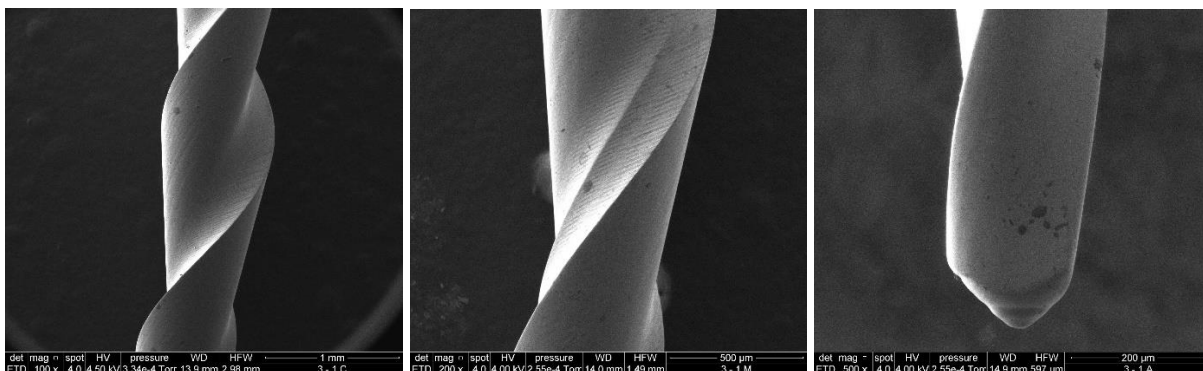
Lima One RECI® – Uso 1: tercios coronal (100×), medio (200×) y apical (500×).



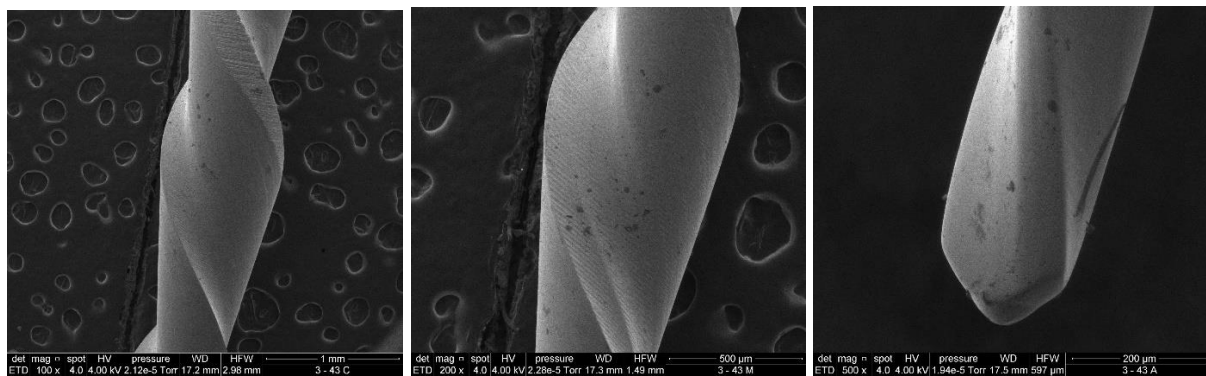
Lima One Curve® – Uso 2: tercios coronal (100×), medio (200×) y apical (500×).



Lima One RECI® – Uso 2: tercios coronal (100×), medio (200×) y apical (500×).



Lima One Curve® – Uso 3: tercios coronal (100×), medio (200×) y apical (500×).



Lima One RECI® – Uso 3: tercios coronal (100×), medio (200×) y apical (500×).