



**Universidad
Norbert Wiener**

Powered by **Arizona State University**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA ACADÉMICO DE ODONTOLOGÍA**

Tesis

Comparación in vitro de la cantidad de debris apical extruido tras la utilización de una técnica manual, un sistema rotatorio y un reciprocante

Para optar el Título Profesional de

Cirujano Dentista

Presentado por:

Autora: Ordoñez Portocarrero, Evelyn Elizabeth


Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4230-7608>

Asesora: Mg. Huamani Caquiamarca, Yuliana Esther

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0155-5417>

Lima – Perú

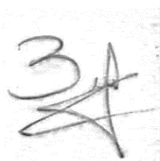
2025

 Universidad Norbert Wiener	DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA Y DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN		
	CÓDIGO: UPNW-GRA-FOR-033	VERSIÓN: 01 REVISIÓN: 01	FECHA: 18/11/2023

Yo, Evelyn Elizabeth Ordoñez Portocarrero, egresada de la Facultad de Ciencias de la Salud y Programa Académico Profesional de Odontología de la Universidad privada Norbert Wiener declaro que el trabajo académico **“COMPARACIÓN IN VITRO DE LA CANTIDAD DE DEBRIS APICAL EXTRUIDO TRAS LA UTILIZACIÓN DE UNA TÉCNICA MANUAL, UN SISTEMA ROTATORIO Y UN RECIPROCANTE”**, Asesorado por la docente Mg. Esp. Huamani Caquiamarca, Yuliana, con DNI: 41236087 y código ORCID 0000-0002-0155-5417, tiene un índice de similitud de 10 (DIEZ) % con código **ID: oid: 14912508899734** verificable en el reporte de originalidad del software Turnitin.

Así mismo:

1. Se ha mencionado todas las fuentes utilizadas, identificando correctamente las citas textuales o paráfrasis provenientes de otras fuentes.
2. No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella señalada en el trabajo.
3. Se autoriza que el trabajo puede ser revisado en búsqueda de plagios.
4. El porcentaje señalado es el mismo que arrojó al momento de indexar, grabar o hacer el depósito en el Turnitin de la universidad y,
5. Asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión en la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas del reglamento vigente de la universidad.



Firma del autor
 Nombres y apellidos de la egresada
 Evelyn Elizabeth Ordoñez Portocarrero
 DNI N° 72370381



Firma
 Nombres y apellidos de la Asesora
 Mg. Esp. Huamani Caquiamarca, Yuliana
 DNI: 41236087

Lima, 26 de noviembre del 2025.

MIEMBROS DEL JURADO

Presidenta: Dra. Vélchez Bellido, Dina

Secretaria: Dra. Falcon Seminario, Norma Patricia

Vocal: Dr. Viale Ore, Enzo Renato

Dedicatoria

Esta tesis se la dedico a mi madre y a mi padre que fueron mi mejor ejemplo de amor, fortaleza y sacrificio. Gracias por ser mi refugio en los momentos difíciles y mi impulso cuando sentí que no podía más. Sin su apoyo incondicional, este sueño no habría sido posible. A mi hijo, que es mi motor de vida y compañero del alma.

Agradecimiento

A la Universidad Privada Norbert Wiener, expreso mi más profundo agradecimiento por brindarme una educación de alto nivel, así como por facilitar los recursos y el entorno académico propicio para el desarrollo de esta investigación. Su compromiso con la excelencia y la formación profesional ha sido fundamental en mi crecimiento académico.

ÍNDICE

Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	ix
Abastract.....	x
Introducción.....	xi
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación del problema.....	4
1.2.1 Problema general	4
1.2.2 Problemas específicos.....	4
1.3 Objetivos de la investigación	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación de la investigación	5
1.4.1 Teórica	5
1.4.2 Metodológica.....	5
1.4.3 Práctica	6
1.5 Limitaciones de la investigación.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1 Antecedentes internacionales	8
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	14
2.2 Bases teóricas	16
2.3 Formulación de hipótesis.....	26
2.3.1 Hipótesis general	26
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	27
3.1. Método de la investigación.....	27
3.2. Enfoque de la investigación.....	27
3.3. Tipo de investigación	27
3.4. Diseño de la investigación.....	28
3.5 Población, muestra y muestreo	28

3.5.1 Población	28
3.5.2 Muestra	29
3.5.3 Muestreo	29
3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.7.1 Técnica.....	31
3.7.3 Validación.....	34
3.7.4 Confiabilidad	34
3.8 Plan de procesamiento y análisis de datos.....	35
3.9 Aspectos éticos	35
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	37
4.2 Discusión de resultados	43
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
5.1 Conclusiones.....	47
5.2 Recomendaciones	47
REFERENCIAS	49
ANEXOS	60
Anexo 1: Matriz de consistencia	61
Anexo 2: Instrumento	62
Anexo 3: Base de datos	63
Anexo 4: Confiabilidad del instrumento	64
Anexo 5: Expedientes de validación	65
Anexo 6: Constancia de exoneración de revisión por comité de ética	68
Anexo 7: Formato de donación	69
Anexo 8: Reporte de turnitin	70
Anexo 9: Evidencia fotográfica	71

Índice de tablas

Tabla 1 Cantidad de debris apical extruido con la técnica manual (limas K) ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 2 Cantidad de debris apical extruido con el sistema rotatorio ProTaper NEXT® ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 3 Cantidad de debris apical extruido con el sistema reciprocante WaveOne Gold® 39	
Tabla 4 Normalidad de la cantidad de debris (g)..... ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 5 ANOVA la cantidad de debris (g) según técnicas ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 6 Comparaciones PosHoc de la cantidad de debris (g) según técnicas ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 7 Valores del coeficiente de correlación intraclass (ICC) 64	
Tabla 8 Resultado del ICC 64	

Índice de figuras

Figura 1 Media y desviación estándar de la cantidad de debris apical extruido con la técnica manual (limas K).....	37
Figura 2 Media y desviación estándar de la cantidad de debris apical extruido con el Sistema ProTaper NEXT®.....	38
Figura 3 Media y desviación estándar de la cantidad de debris apical extruido con el Sistema WaveOne Gold®	39
Figura 4 Diagramas de caja y bigote de la de la cantidad de debris apical extruido según técnicas.	¡Error! Marcador no definido.

Resumen

El objetivo general del presente estudio fue determinar si existía diferencia entre la cantidad de debris apical in vitro extruido tras la utilización de una técnica manual, un sistema rotatorio y un sistema reciprocante. La investigación se enmarcó en el método hipotético-deductivo, con un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y con un diseño experimental in vitro. La población estuvo conformada por 50 primeros premolares inferiores, de los cuales se seleccionaron 30 muestras mediante muestreo probabilístico aleatorio simple. Las piezas fueron distribuidas en tres grupos según la técnica de instrumentación: técnica manual (limas K), sistema rotatorio (ProTaper NEXT®) y sistema reciprocante (WaveOne Gold®). Cada procedimiento se realizó utilizando limas nuevas y siguiendo protocolos estandarizados. El análisis estadístico mediante ANOVA mostró diferencias significativas entre los grupos ($p < 0.001$). La prueba post hoc de Tukey reveló que el grupo manual presentó la mayor cantidad de debris extruido, seguido por el sistema rotatorio, mientras que el sistema reciprocante mostró los niveles más bajos. Estos hallazgos son consistentes con la mayoría de estudios previos, que asocian a las técnicas manuales con una mayor extrusión apical, lo cual puede incrementar el riesgo de dolor postoperatorio o inflamación. Se concluyó que la técnica de instrumentación influye directamente en la cantidad de debris extruido, siendo los sistemas mecanizados especialmente el reciprocante opciones más conservadoras y recomendables para reducir complicaciones periapicales.

Palabras clave: debris apical, técnica manual, sistema reciprocante, extrusión radicular, endodoncia experimental.

Abstract

The main objective of this study was to determine whether there were differences in the number of apical debris extruded in vitro using a manual technique, a rotary system, and a reciprocating system. The research followed a hypothetico-deductive method, with a quantitative approach, categorized as applied research, and utilized an in vitro experimental design. The population consisted of 50 extracted mandibular first premolars, from which 30 samples were selected through simple random probability sampling. The teeth were assigned to three groups based on the instrumentation technique: manual technique (K-files), rotary system (ProTaper NEXT®), and reciprocating system (WaveOne Gold®). All procedures were performed using new files under standardized protocols. Statistical analysis using one-way ANOVA showed significant differences among the groups ($p < 0.001$). Tukey's post hoc test revealed that the manual group extruded the greatest number of debris, followed by the rotary system, while the reciprocating system resulted in the least extrusion. These findings are consistent with most previous studies, which associate manual techniques with greater apical extrusion, increasing the risk of postoperative pain or inflammation. It was concluded that the instrumentation technique has a direct influence on the amount of extruded debris, with mechanized systems particularly the reciprocating system being more conservative and advisable options for reducing periapical complications.

Keywords: apical debris, manual technique, reciprocating system, root extrusion, experimental endodontics.

Introducción

La limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares constituyen pilares fundamentales en el éxito del tratamiento endodóntico. Sin embargo, a pesar de los avances en las técnicas y sistemas de instrumentación, la extrusión de residuos apicales compuestos por dentina, tejido pulpar necrótico, microorganismos y materiales irrigantes continúa representando un desafío clínico, ya que puede desencadenar respuestas inflamatorias adversas en los tejidos periapicales, generando dolor postoperatorio o incluso exacerbación sintomática.

A lo largo de las últimas décadas, se han desarrollado diversos sistemas de instrumentación endodóntica con el objetivo de optimizar la eficiencia de la preparación biomecánica, reducir el tiempo clínico y minimizar el impacto biológico del procedimiento. En ese contexto, las técnicas manuales tradicionales, los sistemas rotatorios y los sistemas reciprocantes han sido objeto de múltiples investigaciones, tanto clínicas como in vitro, enfocadas en analizar su eficacia y seguridad. No obstante, los resultados en cuanto a la cantidad de debris apical extruido han sido variables, y en algunos casos contradictorios, lo que ha motivado la necesidad de realizar estudios controlados que evalúen comparativamente su comportamiento.

En ese marco, el presente trabajo tuvo como propósito determinar y comparar in vitro la cantidad de debris apical extruido al utilizar tres técnicas de instrumentación diferentes: una manual con limas K, un sistema rotatorio ProTaper NEXT® y un sistema reciprocante WaveOne Gold®. Se empleó un diseño experimental bajo condiciones controladas, con la finalidad de aportar evidencia científica que oriente la toma de decisiones clínicas hacia prácticas más conservadoras y biocompatibles en endodoncia.

La presente investigación fue organizada en cinco secciones principales. La primera abordó la formulación del problema, los objetivos propuestos y la justificación del estudio. En la segunda se desarrolló el marco conceptual, respaldando científicamente las variables analizadas. La tercera sección detalló el enfoque metodológico empleado, incluyendo el tipo de estudio, la población participante, el tamaño muestral, así como las técnicas e instrumentos utilizados. La cuarta parte expuso los hallazgos obtenidos y los contrastó con la evidencia disponible en la literatura especializada. Finalmente, la quinta sección reunió las conclusiones extraídas del análisis y las recomendaciones pertinentes.

CAPÍTULO I.: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La preparación biomecánica es una etapa crucial en el tratamiento endodóntico, ya que comprende un conjunto de procedimientos destinados a asegurar que el conducto radicular quede completamente limpio y desinfectado, lo que es fundamental para el éxito del tratamiento. En la actualidad, la endodoncia ha ganado mayor reconocimiento, lo que ha impulsado el uso de sistemas rotatorios como una opción eficiente para la limpieza y conformación de los conductos radiculares. Sin embargo, el empleo de diversas técnicas para lograr una preparación biomecánica adecuada puede generar complicaciones, como la extrusión de debris hacia los tejidos perirradiculares, a pesar de un control estricto sobre la longitud de trabajo (1).

El debris apical, que se compone de restos dentinarios, microorganismos, tejido pulpar y residuos de irrigantes, puede ser expulsado más allá del foramen apical. Esta extrusión genera inflamación en los tejidos circundantes, lo que puede ocasionar dolor y retrasar la cicatrización de la herida apical. Este fenómeno se conoce como "flare-up" o reagudización (2).

Además, la reducción microbiana de los conductos radiculares es de gran importancia para lograr el éxito en el tratamiento de endodoncia. Durante la preparación quimiomecánica se utilizan limas endodónticas y soluciones de irrigación para eliminar residuos, es decir, tejido orgánico e inorgánico que puede albergar bacterias dentro del sistema de conductos radiculares (3).

Varios factores se han relacionado con la porción de debris extruido, tales como la técnica de instrumentación, el tipo del instrumento, el tope apical y el método de irrigación. Existen diversos métodos de instrumentación que ayudan a mejorar la limpieza del conducto. Hoy en día, han surgido nuevas técnicas e instrumentos en endodoncia que han avanzado tecnológicamente, mejorando la calidad de la preparación y reduciendo el tiempo de trabajo (4).

Por ello, es fundamental tener un control preciso de la longitud de trabajo y elegir adecuadamente las técnicas y materiales de irrigación para evitar la extrusión de debris. Aunque las técnicas y los sistemas rotatorios han avanzado considerablemente, el manejo adecuado por parte del profesional es clave para minimizar los riesgos y asegurar una preparación biomecánica eficaz. La literatura desarrolla algunas teorías que indican que todas las técnicas e instrumentos de preparación están asociados con la extrusión de restos infectados, incluso cuando la preparación se mantiene antes del término apical (5).

La reagudización postoperatoria puede ser consecuencia de la extrusión apical de detritos, lo que se manifiesta por la aparición de dolor, hinchazón o ambos síntomas. Estos efectos suelen comenzar a las pocas horas o días tras iniciar el tratamiento de conducto. En Paraguay ha informado que la incidencia de brotes durante el tratamiento de conductos radiculares varía entre el 1,4% y el 16% (6).

A nivel mundial, múltiples investigaciones han demostrado que la extrusión apical de debris es un fenómeno inevitable durante la preparación de conductos radiculares, aunque su magnitud varía según la técnica y el diseño de los instrumentos. En China, compararon siete sistemas de limas de NiTi y hallaron que Reciproc Blue extruyó la mayor cantidad de residuos (0.014 g), mientras que Orodeka Plex 2.0 presentó los

valores más bajos (0.0066 g), concluyendo que el diseño transversal de la lima influye más que el tipo de movimiento en la extrusión (7). En Irán, compararon instrumentación manual, rotatoria y reciprocante, encontrando que todas produjeron extrusión, siendo la técnica manual con Crown-down la que generó menor cantidad frente al sistema Reciproc (8). En Egipto y Emiratos Árabes, reportaron que el sistema rotatorio ProTaper Ultimate extruyó significativamente menos debris (2.35 mg) en comparación con ProTaper Gold (3.25 mg) (9). De forma similar, en Pakistán, documentaron que el sistema reciprocante WaveOne Gold presentó menores valores (0.011 mg) que los rotatorios ProTaper Next (0.014 mg) y ProTaper Gold (0.015 mg). Asimismo, en Polonia, Eliaz et al. (2021) confirmaron que ProTaper Next, WaveOne Gold y Twisted Files produjeron extrusión en rangos similares (0.305–0.348 mg) sin diferencias significativas (10).

En Latinoamérica, la evidencia también señala que la extrusión apical de debris es un problema clínico de relevancia. En Chile, una revisión sistemática mostró que la instrumentación rotatoria, en comparación con la manual, probablemente disminuye la incidencia de dolor postoperatorio, lo que sugiere un mejor control de residuos apicales (11). De igual forma, en Brasil, un estudio experimental confirmó que todos los sistemas mecanizados evaluados produjeron extrusión, siendo Protaper el que generó mayor cantidad de residuos, mientras que Reciproc y Wave One + PathFile presentaron menores valores (12).

Bajo estas evidencias corroboran que la extrusión apical es inevitable y justifican investigaciones in vitro en países como el Perú que comparen directamente la eficacia de la instrumentación manual, rotatoria y reciprocante. Por tal motivo surge la necesidad de efectuar una comparativa de la cantidad de extrusión del debris apical en la

instrumentación endodóntica aplicando una técnica manual, un sistema rotatorio y un sistema reciprocante.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Existe diferencia en la cantidad de debris apical in vitro extruido tras la utilización de una técnica manual, un sistema rotatorio y un reciprocante?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cuál es la cantidad de debris extruido tras la utilización de una técnica manual?

¿Cuál es la cantidad de debris extruido tras la utilización de un sistema rotatorio?

¿Cuál es la cantidad de debris extruido tras la utilización de un sistema reciprocante?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Comparar la cantidad de debris apical in vitro extruido tras la utilización de una técnica manual, un sistema rotatorio y un reciprocante.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar la cantidad de debris extruido tras la utilización de una técnica

manual.

- Analizar la cantidad de debris extruido tras la utilización de un sistema rotatorio.
- Conocer la cantidad de debris extruido tras la utilización de un sistema reciprocante.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Teórica

La investigación in vitro buscó comparar la cantidad de *debris* apical extruido tras la preparación biomecánica de premolares. Al analizar los resultados, se obtuvo información de interés para la odontología, en particular para el campo de la endodoncia, pues permitió ampliar la base teórica existente. Este trabajo hizo posible reconocer cuál de los sistemas evaluados tendió a generar una menor extrusión de residuos, aportando así evidencias útiles para orientar futuras prácticas y discusiones científicas.

1.4.2 Metodológica

Desde el punto de vista metodológico, el estudio se apoyó en el método científico para desarrollar un modelo de análisis estadístico aplicado a un escenario in vitro. Se empleó un instrumento sometido previamente a validación y pruebas de confiabilidad, lo que garantizó la calidad de la información recogida. Este procedimiento no solo respaldó los hallazgos de la investigación, sino que también ofreció una ruta a seguir para estudios posteriores que busquen reproducir o ampliar los resultados.

1.4.3 Práctica

En el ámbito práctico, el trabajo permitió ejercitar y afianzar destrezas clínicas relacionadas con la instrumentación endodóntica. Los hallazgos mostraron qué sistema produjo menor cantidad de *debris* apical, un dato relevante para el odontólogo general, ya que contribuye a tomar decisiones más seguras y fundamentadas en la práctica diaria, al tiempo que refuerza la calidad de la atención al paciente.

1.5 Limitaciones de la investigación

Durante el desarrollo del estudio se presentaron ciertas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los hallazgos. En primer lugar, al tratarse de una investigación *in vitro*, las condiciones controladas del laboratorio no reproducen de manera exacta la complejidad de la cavidad oral, donde influyen factores biológicos como la irrigación sanguínea, la respuesta inflamatoria del huésped o la variabilidad anatómica entre pacientes. Esto restringe la posibilidad de generalizar los resultados de manera directa al contexto clínico.

Asimismo, el tamaño de la muestra, conformada por 30 premolares, aunque estadísticamente válido, representó un número limitado de especímenes. Es posible que una muestra mayor hubiese permitido observar con más detalle las diferencias entre técnicas y reforzar la robustez de los datos.

Otra limitación estuvo asociada al uso de un único tipo de diente (primeros premolares inferiores), lo que impide extrapolar los resultados a otras piezas con anatomía más compleja, como molares multirradiculares. Además, la investigación dependió del acceso a un laboratorio específico, lo cual condicionó la disponibilidad de

equipos y recursos, así como la posibilidad de replicar el experimento en diferentes contextos.

Por último, aunque los protocolos de instrumentación y pesaje fueron rigurosamente estandarizados, siempre existe la posibilidad de mínimas variaciones en la manipulación de los especímenes o en la evaporación del irrigante, que pudieron influir en la cantidad final de *debris* registrado.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Metkari et al. (2025) en Mumbai, India, desarrollaron un estudio cuyo objetivo fue “*Evaluar la extrusión periapical de debris, irrigantes y microorganismos al emplear sistemas de instrumentación manual, rotatoria y reciprocante bajo irrigación con EndoVac*”. Se trató de una investigación in vitro en 210 dientes permanentes unirradiculares, divididos en cuatro grupos: Step-back con limas K y H (manual), ProTaper Universal (rotatorio), WaveOne (reciprocante) y FlexiCON (rotatorio de NiTi tratado térmicamente), además de un grupo control sin instrumentación. La recolección de residuos se realizó en tubos Eppendorf estandarizados y el análisis estadístico incluyó ANOVA y la prueba post hoc de Tukey. Los resultados mostraron que la técnica manual Step-back presentó la mayor cantidad de extrusión de *debris* (0.0252 ± 0.0140 g), mientras que el sistema FlexiCON obtuvo los valores más bajos (0.0045 ± 0.0105 g), con diferencias altamente significativas entre grupos ($p < 0.001$). En cuanto a la extrusión bacteriana, Step-back produjo un promedio de 39 UFC de *E. faecalis*, frente a 14 UFC con FlexiCON. Los autores concluyeron que, aunque todas las técnicas generan extrusión apical, los sistemas mecanizados, y en particular FlexiCON, demostraron ser más seguros al reducir significativamente la expulsión de residuos, irrigantes y microorganismos (13).

Saberi et al. (2025) realizaron en Zahedan, Irán, un estudio cuyo objetivo fue “*Comparar la cantidad de debris apical extruido al emplear diferentes sistemas rotatorios de lima única con variaciones en su conicidad*”. Se trató de una investigación

in vitro en 68 incisivos laterales superiores con conductos rectos y curvaturas menores a 10° , distribuidos aleatoriamente en cuatro grupos instrumentados con One-Shaped (rotatorio 25/0.06), 2-Shaped (rotatorio 25/0.04), HyFlex EDM (rotatorio 25/0.08) y Neoniti A1 (rotatorio 25/0.08). La recolección de residuos se efectuó mediante tubos Eppendorf prepesados según el método de Myers y Montgomery, y los datos fueron analizados con ANOVA y prueba post hoc de Tukey ($p < 0.05$). Los resultados evidenciaron que One-Shaped produjo la mayor cantidad de extrusión (0.0018 ± 0.00077 g), con diferencias significativas frente a Neoniti A1 ($p = 0.049$), HyFlex ($p = 0.013$) y 2-Shaped ($p = 0.003$), mientras que entre estos tres últimos no se hallaron diferencias relevantes ($p > 0.05$). Los autores concluyeron que, aunque todos los sistemas rotatorios generan extrusión, el diseño de la lima influye de manera determinante en la magnitud de los residuos expulsados, siendo One-Shaped el que presentó mayor riesgo (14).

Fontana et al. (2024) en Campinas, São Paulo, Brasil, realizaron un estudio cuyo objetivo fue “*Analizar la cantidad de debris apical extruido y el tiempo de instrumentación al emplear diferentes sistemas endodónticos*”. Fue una investigación in vitro en 120 primeros molares mandibulares, distribuidos en ocho grupos de 15 piezas cada uno, instrumentados con Protaper Next, HyFlex CM, HyFlex EDM, Trunatomy, ProTaper Ultimate y R-Motion (rotatorios), así como con WaveOne Gold y Reciproc Blue (reciprocantes). La extrusión de residuos se midió mediante el método de Myers y Montgomery modificado, y los datos fueron analizados con la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$). Los resultados mostraron que Protaper Next y HyFlex CM presentaron los valores más altos de extrusión (0.0068 g y 0.0064 g, respectivamente), significativamente mayores frente a los demás sistemas ($p < 0.05$). En contraste, WaveOne Gold, Reciproc Blue, Trunatomy, PT Ultimate, HyFlex EDM y R-Motion

mostraron valores menores, sin diferencias significativas entre ellos ($p>0.05$). En cuanto al tiempo de instrumentación, HyFlex CM fue el más prolongado (191.6 s), mientras que WaveOne Gold, Reciproc Blue y R-Motion fueron los más rápidos (aprox. 25 s). Los autores concluyeron que todos los sistemas producen extrusión apical, pero los diseños con menor conicidad y masa metálica reducen significativamente la cantidad de residuos y optimizan el tiempo clínico (4).

Al-Saffar y Al-Gharrawi (2023) realizaron en Bagdad, Irak, un estudio cuyo objetivo fue *“Comparar la cantidad de debris apical extruido al emplear el sistema reciprocante R-Motion frente a otros sistemas rotatorios y reciprocantes convencionales”*. Se trató de una investigación *in vitro* en 56 raíces palatinas de molares superiores, distribuidas aleatoriamente en cuatro grupos instrumentados con R-Motion, WaveOne Gold, ProTaper Next y HyFlex EDM. La recolección de los residuos se efectuó mediante el método de Myers y Montgomery modificado y el análisis estadístico se llevó a cabo con pruebas de Kruskal–Wallis y Mann–Whitney U. Los resultados mostraron que el sistema R-Motion produjo la menor cantidad de extrusión (0.00015 mg), con diferencias estadísticamente significativas frente a WaveOne Gold y ProTaper Next ($p<0.05$), mientras que HyFlex EDM mostró valores similares al R-Motion. Los autores concluyeron que, si bien todos los sistemas generaron debris apical, el sistema R-Motion fue el más seguro por su menor extrusión, lo que respalda su uso clínico en endodoncia (15).

Cortés (2023) desarrolló en Ambato, Ecuador, un estudio cuyo objetivo fue *“Evaluar la cantidad de extrusión apical de barro dentinario producida durante la preparación de conductos curvos con sistemas de instrumentación manual, rotatoria y reciprocante”*. Se trató de una investigación *in vitro* realizada en 50 raíces mesiales de

molares mandibulares con curvatura moderada, divididas aleatoriamente en cinco grupos: ProTaper Universal manual, ProTaper Universal rotatorio, ProTaper Gold rotatorio, Reciproc y Reciproc Blue reciprocantes. El método de Myers y Montgomery modificado se utilizó para recolectar el *debris*, y los resultados se analizaron mediante ANOVA. Los hallazgos mostraron que el grupo con ProTaper Universal manual presentó la mayor extrusión (1.0100 mg), seguido de ProTaper Universal rotatorio (0.9967 mg), Reciproc Blue (0.6967 mg), ProTaper Gold (0.4800 mg) y Reciproc (0.4167 mg), sin diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p=0.211$). El autor concluyó que todos los sistemas evaluados producen algún grado de extrusión, siendo los sistemas mecanizados los que tienden a generar menores valores en comparación con la técnica manual (16).

Mohana et al. (2022) realizaron en Faridabad, Haryana, India, un estudio cuyo objetivo fue “*Evaluar y comparar la cantidad de debris apical extruido durante la preparación biomecánica con diferentes sistemas manuales, rotatorios y reciprocantes*”. Se trató de una investigación in vitro en 80 premolares mandibulares unirradiculares, distribuidos en cuatro grupos: WaveOne (reciprocante), ProTaper Next (rotatorio), limas K con técnica Crown-Down (manual) y limas K con técnica Step-Back (manual). La recolección de residuos se efectuó mediante el método de Myers y Montgomery modificado y los datos se analizaron con ANOVA ($p<0.001$). Los resultados mostraron que la técnica Step-Back produjo la mayor cantidad de *debris* extruido (0.90 ± 0.04 mg), seguida por Crown-Down (0.62 ± 0.03 mg), mientras que WaveOne (0.37 ± 0.03 mg) y ProTaper Next (0.11 ± 0.02 mg) generaron valores significativamente menores. Los autores concluyeron que la instrumentación manual, en especial la técnica Step-Back, ocasiona mayor extrusión apical en comparación con

los sistemas mecanizados, siendo ProTaper Next el más seguro en términos de control de residuos (17).

Neri et al. (2022) llevaron a cabo en Campinas, São Paulo, Brasil, un estudio cuyo objetivo fue “*Evaluar la extrusión apical de debris durante la preparación de conductos con sistemas de lima única tratados térmicamente*”. Se trató de una investigación in vitro en 30 premolares mandibulares unirradiculares con conductos rectos, distribuidos en tres grupos según el instrumento utilizado: XP-Endo Shaper (rotatorio), Reciproc Blue (reciprocante) y ProDesign Logic (rotatorio). La recolección del *debris* se realizó mediante tubos Eppendorf con gel de agar al 1.5% para simular la resistencia periapical, y los datos fueron analizados con ANOVA y la prueba post hoc de Bonferroni. Los resultados mostraron que XP-Endo Shaper generó una media de extrusión de 0.0104 g, Reciproc Blue de 0.0059 g y ProDesign Logic de 0.0088 g, sin diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p=0.787$). Los autores concluyeron que todos los sistemas de lima única evaluados promovieron extrusión apical de *debris*, confirmando que se trata de un fenómeno inevitable pese a las diferencias de diseño y movimiento (18).

Machado et al (2020) llevaron a cabo en Río de Janeiro, Brasil, un estudio cuyo objetivo fue “*Evaluar la cantidad de debris apical extruido tras la preparación de conductos con un sistema reciprocante de lima única y el uso complementario de un instrumento rotatorio*”. Se trató de una investigación in vitro en 40 premolares mandibulares unirradiculares, distribuidos en dos grupos: uno instrumentado con WaveOne Gold (reciprocante) y otro con WaveOne Gold más el XP-Endo Finisher (rotatorio). La recolección de *debris* se realizó con el método de Myers y Montgomery, empleando tubos Eppendorf prepesados y posterior secado en incubadora a 37 °C. El

análisis estadístico incluyó la prueba de Mann–Whitney ($p < 0.05$). Los resultados mostraron que el grupo WaveOne Gold generó una media de 0.047 g de residuos extruidos, mientras que el grupo con WaveOne Gold más XP-Endo Finisher registró 0.057 g, sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos ($p = 0.66$). Los autores concluyeron que, aunque ambos protocolos produjeron extrusión apical, el uso adicional del XP-Endo Finisher no incrementó significativamente la cantidad de *debris*, lo que respalda su uso como complemento sin aumentar el riesgo de complicaciones periapicales (19).

da Silva et al. (2021) realizaron en Río de Janeiro, Brasil, un estudio cuyo objetivo fue “*Comparar la capacidad de conformación y la extrusión apical de debris al emplear distintos sistemas de instrumentación*”. Se trató de una investigación in vitro en 33 premolares mandibulares unirradiculares, distribuidos en tres grupos: ProTaper Universal (rotatorio multifile), TruShape (rotatorio multifile) y Reciproc Blue (reciprocante single-file). La recolección del debris se efectuó mediante un dispositivo con gel de agarosa que simuló la resistencia periapical y permitió cuantificar el volumen extruido a través de microtomografía computarizada (micro-CT). Los resultados mostraron que todos los sistemas generaron extrusión apical, sin diferencias estadísticamente significativas en el volumen de residuos ($p > 0.05$). No obstante, ProTaper Universal presentó mayor porcentaje de dentina eliminada (47.9%) frente a TruShape (39.8%) y Reciproc Blue (45.4%) ($p < 0.05$). Los autores concluyeron que, independientemente del movimiento rotatorio o reciprocante, la extrusión apical es un fenómeno inevitable, aunque las características del diseño de las limas influyen en la cantidad de tejido dentinario removido (20).

Rajnekar et al. (2021) llevaron a cabo en Wardha, Maharashtra, India, un estudio cuyo objetivo fue “*Comparar la cantidad de debris apical extruido durante la instrumentación de conductos con tres sistemas rotatorios de NiTi*”. Se trató de una investigación in vitro en 60 premolares mandibulares unirradiculares, distribuidos en tres grupos: TruNatomy (rotatorio de sección paralelogramo, 26/04%), ProTaper Next (rotatorio de aleación M-Wire, X1 y X2) y 2Shape (rotatorio de aleación T-Wire, TS1 y TS2). La recolección de residuos se realizó con el método de Myers y Montgomery modificado y los datos se analizaron mediante ANOVA y la prueba post hoc de Tukey ($p < 0.05$). Los resultados mostraron que TruNatomy presentó la menor cantidad de extrusión (0.0003 ± 0.0001 g), significativamente inferior a ProTaper Next y 2Shape (0.0009 ± 0.0001 g cada uno, $p = 0.001$), mientras que no se observaron diferencias entre estos últimos ($p = 0.73$). Los autores concluyeron que, aunque todos los sistemas rotatorios evaluados produjeron extrusión apical, TruNatomy resultó más eficiente al minimizar la salida de residuos hacia los tejidos periapicales (21).

2.1.2 Antecedentes nacionales

Cano y Tejada (2024) desarrollaron en Lima, una investigación cuyo objetivo fue “*Determinar la eficacia de los sistemas rotatorios y reciprocantes en la preparación biomecánica de conductos radiculares de dientes deciduos*”. Se trató de una revisión de literatura basada en 11 artículos originales publicados en los últimos diez años, identificados en bases de datos como PubMed, Science Direct y Google Académico. Los estudios incluidos compararon técnicas manuales con limas K, sistemas rotatorios de NiTi (ProFile, ProTaper, Mtwo, Hero Shaper) y sistemas reciprocantes de lima única (Reciproc, WaveOne, Kedo-S). Los resultados mostraron que tanto la instrumentación rotatoria como la reciprocante proporcionaron una conformación cónica adecuada, una

limpieza más eficiente en el tercio coronal que en el apical y tiempos de trabajo significativamente menores en comparación con la técnica manual ($p < 0.05$). En promedio, los sistemas reciprocantes redujeron aún más el tiempo de instrumentación, alcanzando valores de 17 a 90 segundos frente a más de 120 segundos en los sistemas rotatorios y manuales. Los autores concluyeron que la evidencia respalda la eficacia de los sistemas rotatorios y reciprocantes en la endodoncia pediátrica, aunque señalaron la necesidad de más estudios experimentales que validen su uso generalizado en dientes primarios (22).

Manrique (2023) en Lima, desarrolló una investigación cuyo objetivo fue “Comparar *in vitro* la cantidad de debris apical extruido durante la preparación de conductos radiculares con sistemas de movimiento reciprocante y rotatorio”. Se catalogó de un estudio experimental realizado en 36 premolares unirradiculares, distribuidos en tres grupos instrumentados con limas Excalibur (reciprocante, Zarc, España), TF4 (reciprocante, Dperfect, China) y Rotate (rotatorio, VDW, Alemania). La recolección de residuos se efectuó mediante el método de Myers y Montgomery modificado por Chiarella, utilizando tubos Eppendorf prepesados, centrifugados e incubados a 37 °C para obtener el peso seco. Los resultados mostraron diferencia significativa entre los tres sistemas ($p = 0.036$), con medias de 0.0073 g para Excalibur, 0.0100 g para TF4 y 0.0200 g para Rotate. El análisis post hoc indicó diferencias únicamente entre Excalibur y Rotate ($p < 0.05$). La autora concluyó que la extrusión apical es inevitable, pero el sistema Excalibur presentó la menor cantidad de *debris* extruido en comparación con Rotate, lo que evidencia la influencia del tipo de sistema de limas en los resultados (23)

Gora y Vite (2022) en Huancayo, Perú, desarrollaron un estudio cuyo objetivo fue “Comparar la diferencia en la extrusión apical de detritus utilizando dos sistemas de limas rotatorias en un laboratorio universitario”. Bajo un tipo de investigación básica, con diseño no experimental, transversal y correlacional, aplicada en 12 piezas dentarias multirradiculares distribuidas en dos grupos instrumentados con las limas denominadas X y Z. La recolección de residuos se realizó en tubos de ensayo, evaporando el irrigante y pesando los detritus extruidos en una balanza analítica. El análisis estadístico incluyó prueba t de Student, evidenciando que no hubo diferencias significativas entre ambos grupos ($p=0.498$). Los resultados mostraron que la lima X extruyó en promedio 1.125 mg en su primer uso y 0.577 mg en el sexto, mientras que la lima Z registró 1.273 mg y 0.453 mg en las mismas condiciones. Los autores concluyeron que ambos sistemas rotatorios extruyeron detritus apicalmente, sin diferencia estadísticamente significativa, aunque se observó una ligera mayor extrusión con la lima Z (24).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Preparación biomecánica

La preparación biomecánica constituye una etapa esencial en el tratamiento endodóntico, ya que integra la acción mecánica de la instrumentación con la acción química de las soluciones irrigadoras para lograr la limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares. Su propósito principal es eliminar tejido pulpar vital o necrótico, microorganismos y restos dentinarios, al mismo tiempo que se otorga al conducto una forma cónica y continua que facilite la penetración del irrigante y asegure una obturación tridimensional adecuada (25).

No obstante, la diversidad anatómica de los conductos, especialmente aquellos con curvaturas pronunciadas, estrechos o con ramificaciones, representa un desafío clínico considerable. Estas condiciones predisponen a errores iatrogénicos como pérdida de la longitud de trabajo, formación de escalones, transporte apical y perforaciones, que pueden comprometer el pronóstico del tratamiento (26). Entre estas complicaciones, el transporte apical es particularmente crítico, ya que implica la desviación del conducto respecto a su eje original, lo cual ocasiona un ensanchamiento irregular, riesgo de perforación y dificultad para lograr un sellado apical hermético (27).

En este contexto, los avances tecnológicos en la fabricación de limas de níquel-titanio (NiTi) han tenido un impacto significativo. Según Puleio et al. (28) en 2023, los instrumentos fabricados con aleación martensítica muestran mayor flexibilidad y reducen la incidencia de transporte apical en comparación con los de aleación austenítica, lo que se traduce en una instrumentación más segura en conductos curvos. Del mismo modo, el uso de movimientos recíprocos ha mostrado ventajas en la reducción de estrés sobre el instrumento y en la adaptación a anatomías complejas, disminuyendo la probabilidad de complicaciones durante la preparación biomecánica (26).

2.2.2 Debris apical

El *debris* apical, también denominado barro dentinario, se genera durante la preparación biomecánica cuando los instrumentos desprenden fragmentos dentinarios y orgánicos (tejido pulpar, restos necróticos, bacterias) junto con componentes inorgánicos (hidroxiapatita del tejido duro). Estas partículas pueden emigrar más allá del foramen apical, provocar irritación del tejido periapical, desencadenar inflamación y manifestarse como dolor posoperatorio o *flare-up* (29).

La extrusión apical de residuos constituye un fenómeno indeseado inherente a la instrumentación de los conductos radiculares. Durante la preparación quimio-mecánica, partículas de dentina, tejido pulpar y bacterias pueden ser empujadas más allá del foramen, entrando en contacto con los tejidos perirradiculares. Según Monteiro et al. (30) en el 2025, menciona que este proceso facilita la salida accidental de bacterias hacia el ápice, lo que puede originar reagudizaciones clínicas (*flare-ups*) e incluso la diseminación de la infección en los tejidos circundantes.

Sierra-Cristancho et al. (31) en el año 2019, señalaron que todas las técnicas de instrumentación producen cierto grado de barro dentinario extruido, asociado con reacciones inflamatorias locales, dolor posinstrumentación y retraso en la cicatrización apical. En este contexto, la extrusión de *debris* apical no solo constituye un desafío técnico, sino también un factor de riesgo clínico que debe ser controlado cuidadosamente. La evidencia reciente muestra que la cantidad de residuos expulsados hacia los tejidos periapicales depende en gran medida de la elección del sistema de instrumentación y de los protocolos de irrigación empleados. Paixão et al. (32) en el 2024, demostraron que diferentes métodos de activación de irrigantes, como la irrigación sónica y ultrasónica, influyen en el riesgo de extrusión apical, el cual aumenta conforme se amplía el tamaño de la preparación apical.

Las variaciones entre sistemas de instrumentación de níquel-titanio y técnicas de irrigación generan diferencias en la cantidad de *debris* extruido, lo que resalta la necesidad de una selección adecuada de la técnica endodóntica para minimizar complicaciones clínicas (33).

La extrusión apical de *debris* se entiende como la expulsión de partículas dentinarias, restos pulpaes y microorganismos más allá del foramen durante la preparación biomecánica. Este fenómeno, además de ser inevitable en cierta medida, depende de múltiples factores relacionados tanto con la técnica empleada como con el diseño de los instrumentos y las características anatómicas del conducto. En este sentido, la literatura señala que variaciones en la cinemática de la instrumentación manual, rotatoria o reciprocante ejercen un papel determinante en la cantidad de residuos extruidos, ya que cada sistema genera diferentes patrones de corte y eliminación de dentina (34).

De igual forma, la geometría y la conicidad de las limas influyen en la magnitud de este fenómeno: conicidades mayores suelen favorecer una mayor cantidad de extrusión apical (35).

Incluso, se ha documentado que la sección transversal de los instrumentos modula la dirección y volumen de los desechos expulsados, confirmando que el diseño estructural de la lima está estrechamente vinculado al control del *debris*. Así, la extrusión apical debe entenderse no solo como un evento técnico, sino también como un factor de riesgo clínico condicionado por la interacción entre la técnica de instrumentación, el tipo de lima y la complejidad anatómica del conducto radicular (36).

Importancia

El barro dentinario juega un papel fundamental en el tratamiento de conductos, ya que se forma como una capa residual durante la limpieza y conformación del conducto radicular. Esta capa, que se compone de restos orgánicos como tejido pulpar y restos inorgánicos de dentina, actúa como una barrera que obstruye los túbulos dentinarios y limita la penetración de los irrigantes y los materiales de obturación. Esto puede generar

un espacio donde las bacterias se esconden y sobreviven, lo que aumenta el riesgo de que la infección persista o regrese (37).

Eliminar esta capa no es solo una cuestión de limpieza sino un paso crucial para asegurar que el conducto quede bien desinfectado y sellado, garantizando así un mejor pronóstico del tratamiento endodóntico. Diversos estudios han mostrado que la remoción del barrillo dentinario mejora la acción de los irrigantes y facilita la adhesión del material de obturación a las paredes dentinarias, evitando filtraciones que puedan comprometer el éxito del tratamiento (38).

Para lograr esto, se utilizan combinaciones de soluciones químicas, principalmente el hipoclorito de sodio junto con ácidos como el etilendiaminotetraacético o el ácido cítrico, además de técnicas de activación para aumentar la eficacia en la eliminación de esta capa (39).

2.2.3 Sistema Manual

La instrumentación manual es uno de los métodos tradicionales de preparación biomecánica en endodoncia, ampliamente utilizado antes de la introducción de los sistemas mecanizados. Se caracteriza por el empleo de limas de acero inoxidable, como el tipo K y H, que son accionadas directamente por la mano del operador. Una de las técnicas más representativas es la Step-Back, que consiste en la ampliación secuencial y progresiva del conducto radicular desde el ápice hacia la porción coronal, generando un ensanchamiento controlado y permitiendo al profesional percibir táctilmente las irregularidades de la anatomía interna (40).

Este sistema presenta como principal fortaleza el control táctil, considerado útil en conductos con curvaturas acentuadas, estrechamientos o variaciones anatómicas. Sin embargo, la rigidez inherente del acero inoxidable limita su capacidad de adaptación en canales curvos, lo que puede favorecer complicaciones iatrogénicas como transporte apical, escalones, pérdida de longitud de trabajo o incluso fractura del instrumento si no se aplica una técnica adecuada (41).

En relación con la extrusión apical de residuos, se reconoce que la instrumentación manual tiende a generar un mayor desplazamiento de partículas dentinarias y restos pulpares hacia el ápice en comparación con los sistemas mecanizados. Esta característica se asocia con el tipo de movimiento empleado —generalmente de inserción y retracción—, que favorece la acumulación de barro dentinario en dirección apical (30).

Pese a estas limitaciones, la técnica manual mantiene un rol complementario en la práctica clínica contemporánea. En conductos muy estrechos, calcificados o con anatomía atípica, continúa siendo utilizada como paso inicial para negociar la trayectoria radicular antes de emplear sistemas mecanizados, constituyendo un recurso que aporta seguridad y versatilidad en situaciones clínicas complejas (42).

2.2.4 Sistemas Rotatorios

Los sistemas rotatorios en endodoncia se caracterizan por el uso de instrumentos de níquel-titania (NiTi) que funcionan bajo un movimiento de rotación continua de 360° dentro del conducto radicular, impulsados por motores eléctricos con control de velocidad y torque. Su finalidad es optimizar la preparación biomecánica, facilitando la eliminación de tejido pulpar, restos necróticos y microorganismos, además de

conformar el conducto con una conicidad adecuada para favorecer la acción de los irrigantes y la obturación tridimensional (43).

Protaper next

El sistema ProTaper Next es uno de los más utilizados en endodoncia actual debido a sus características innovadoras. Cuenta con una aleación de níquel-titanio denominada M-Wire, que mediante un tratamiento térmico mejora la flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica en comparación con el NiTi convencional, lo que hace que el instrumento se adapte mejor a conductos curvos y reduzca el riesgo de fractura. Su diseño incluye una sección transversal rectangular descentrada que produce un movimiento oscilante, disminuyendo el contacto con la pared dentinaria y aumentando la eficiencia de corte y la evacuación de detritus (44).

El set básico está conformado por cinco limas, identificadas como X1, X2, X3, X4 y X5, que se utilizan en secuencia para preparar diferentes diámetros y conicidades de conductos. Generalmente, los instrumentos X1 y X2 son suficientes para la mayoría de los casos, mientras que los restantes se reservan para conductos más anchos o complejos (45).

2.2.5 Sistema reciprocante

El sistema rotatorio reciprocante se caracteriza por utilizar limas mecanizadas que realizan movimientos alternos, girando aproximadamente 150° en sentido antihorario y 30° en sentido horario. Este tipo de movimiento asimétrico permite cortar la dentina en la dirección principal, mientras que en el movimiento contrario la lima recupera su posición, lo que reduce la torsión y el riesgo de fractura del instrumento. Su diseño

reduce el tiempo de intervención y mejora la ergonomía para el operador, lo que se traduce en tratamientos más cómodos y eficientes (46).

Waveone Gold

Es un representante destacado de las limas reciprocantes. Estas limas están fabricadas con una aleación de níquel-titanio con tratamiento térmico, que les confiere un característico color dorado y les otorga una alta elasticidad. Comparadas con limas tradicionales, las WaveOne Gold presentan una resistencia a la fatiga cíclica superior en más del 50%, una flexibilidad aumentada en un 80% y permiten reducir el tiempo de modelado hasta en un 23% (47).

Indicaciones de Uso

Las limas WaveOne Gold están diseñadas para emplearse en tratamientos endodónticos como parte de la preparación biomecánica del sistema de conductos. Se recomienda su uso por profesionales cualificados en entornos clínicos, siguiendo protocolos de aislamiento absoluto y medidas de bioseguridad. Según Van der Vyver y Vorster (48), las indicaciones varían según el tipo de lima:

- La Small (20/07) se utiliza cuando la lima Primary no progresa pasivamente, en conductos con curvaturas marcadas, configuraciones en “S” o trayectos muy largos, actuando como una lima puente para asegurar mayor seguridad antes de continuar la conformación.
- La Primary (25/07) es indicada en la mayoría de los casos de conductos de diámetro y longitud promedio, tras haber establecido y ampliado la vía de deslizamiento (glide path).

- La Medium (35/06) y la Large (45/05) se reservan para conductos de mayor diámetro y más rectos, donde la preparación puede iniciarse directamente con estas limas o bien emplearse después de la Primary cuando se requiere una conformación más amplia.

Asimismo, estas limas deben emplearse tras una adecuada preparación de la cavidad de acceso y de la vía de deslizamiento, con irrigación abundante de hipoclorito de sodio. El sistema está diseñado como técnica de lima única en la mayoría de los casos (80–85 %), lo que aporta seguridad, simplicidad y eficacia en la conformación del conducto radicular (49).

Advertencias

- Las limas WaveOne Gold están elaboradas con una aleación que contiene níquel; por ello, no deben emplearse en pacientes con diagnóstico confirmado de hipersensibilidad o alergia a este metal, a fin de evitar reacciones adversas (50).
- Durante el procedimiento endodóntico, es altamente recomendable utilizar aislamiento absoluto con dique de goma, lo cual contribuye a mantener la asepsia, controlar el campo operatorio y garantizar mayor seguridad clínica (50).
- Estos instrumentos se comercializan en condiciones estériles y están diseñados para un solo uso. Su reutilización incrementa el riesgo de contaminación cruzada y aumenta la probabilidad de fatiga y fractura del instrumento dentro del conducto radicular, lo que podría comprometer la terapia (50).

2.2.6 Extrusión apical y factores influyentes

La extrusión apical de detritos constituye un fenómeno inevitable durante la preparación biomecánica, aunque su magnitud varía según múltiples factores. Entre los principales se incluyen el diseño del instrumento, la técnica de instrumentación utilizada (manual, rotatoria o reciprocante), la longitud de trabajo, el tipo y volumen de irrigante y la anatomía del conducto radicular. La evidencia indica que ningún sistema logra eliminar por completo este riesgo, si bien los sistemas rotatorios de múltiples limas suelen generar menor cantidad de residuos extruidos que la instrumentación manual o de lima única (14-51).

De igual modo, la geometría y conicidad de los instrumentos son determinantes en este fenómeno, ya que conicidades más amplias y mayores diámetros apicales se asocian con un incremento en la extrusión (52).

Asimismo, la falta de control en la longitud de trabajo puede intensificar este problema: instrumentar más allá del foramen favorece la expulsión de residuos hacia los tejidos periapicales, lo que incrementa la probabilidad de complicaciones clínicas como los flare-ups postoperatorios (53-54). Por ello, establecer y mantener la longitud de trabajo a aproximadamente 1 mm del foramen se considera una medida esencial para reducir el impacto adverso de la extrusión apical y garantizar mejores resultados clínicos (10-55).

2.2.7 Comparaciones entre sistemas: evidencia científica

La literatura reciente ha señalado diferencias en la cantidad de debris apical extruido según el sistema de instrumentación empleado. Diversos estudios coinciden en que la técnica manual tipo Step-Back tiende a generar una mayor cantidad de residuos en comparación con los sistemas mecanizados, debido a la rigidez de las limas de acero inoxidable y al patrón de movimiento empleado. En contraste, sistemas como WaveOne

Gold han mostrado un mejor control del debris apical, lo que se atribuye a su diseño con movimiento reciprocante y a la flexibilidad de la aleación empleada (23). De manera concordante, se ha documentado que los sistemas rotatorios y reciprocantes logran reducir la extrusión respecto a la instrumentación manual, lo cual se relaciona con la eficiencia de su diseño geométrico y la cinemática de trabajo aplicada (22).

2.3 Formulación de hipótesis

2.3.1 Hipótesis general

Hi: Existe diferencia entre la cantidad de debris apical in vitro extruido tras la utilización de una técnica manual, un sistema rotatorio y un reciprocante.

H0: No existe diferencia entre la cantidad de debris apical in vitro extruido tras la utilización de una técnica manual, un sistema rotatorio y un reciprocante.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método de la investigación

El enfoque metodológico adoptado en esta investigación fue el hipotético-deductivo, el cual se fundamenta en la construcción de hipótesis que posteriormente son sometidas a verificación empírica. Este método implica plantear una proposición inicial, derivar de ella predicciones susceptibles de ser comprobadas y contrastarlas mediante observaciones o experimentos, con el fin de validar o refutar su contenido (56).

3.2. Enfoque de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, dado que se recurrió a la recopilación sistemática y al análisis estadístico de datos para dar respuesta a la pregunta planteada. Del mismo modo, se emplearon procedimientos y herramientas estadísticas con el fin de verificar la validez o refutar la hipótesis formulada (56).

3.3. Tipo de investigación

Este estudio se clasifica como una investigación de tipo aplicada, ya que se orienta al desarrollo de propuestas innovadoras con el propósito de generar conocimiento útil y contextualizado. Asimismo, se realizó con la finalidad de explorar posibles aplicaciones prácticas derivadas de los hallazgos obtenidos, así como de identificar nuevos métodos y estrategias que contribuyan al logro de objetivos previamente definidos (57).

3.4. Diseño de la investigación

El presente estudio se estructuró bajo un diseño experimental en modalidad in vitro, lo que implica la manipulación intencional de la variable independiente por parte del investigador, con el fin de observar sus efectos sobre la variable dependiente. Este tipo de diseño se caracteriza por la intervención activa de los investigadores, quienes controlan las condiciones del experimento y asignan tratamientos de forma deliberada, buscando generar resultados medibles y reproducibles en un entorno controlado (58).

3.5 Población, muestra y muestreo

3.5.1 Población

La población se entiende como el conjunto de individuos, elementos u objetos que comparten características homogéneas, lo que permite realizar inferencias estadísticas aplicables al total del grupo, independientemente de su tamaño, que puede ser finito o infinito (59).

En el presente estudio, la población fue definida como los primeros premolares inferiores humanos extraídos, que mantenían la integridad radicular y eran aptos para ser utilizados en condiciones in vitro con fines experimentales.

Criterios de inclusión:

- Primeros premolares inferiores humanos extraídos, con integridad radicular completa.
- Dientes premolares de una sola raíz, confirmados mediante radiografía inicial.

- Piezas sin tratamientos endodónticos previos ni alteraciones estructurales visibles.

Criterios de Exclusión

- Piezas con restauraciones extensas.
- Piezas con reabsorción radicular.
- Piezas con ápices abiertos.
- Piezas con fractura coronal o apical.

3.5.2 Muestra

La muestra corresponde a una fracción representativa de la población total, seleccionada para participar en el estudio (60). En esta investigación, se incluyeron 30 primeros premolares inferiores humanos extraídos, elegidos conforme a los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. Dichas piezas fueron distribuidas equitativamente en tres grupos experimentales: 10 dientes para la técnica manual, 10 para el sistema rotatorio y 10 para el método recíprocante, con el propósito de comparar *in vitro* la cantidad de detritos apicales extruidos.

3.5.3 Muestreo

Se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia, el cual se caracteriza por seleccionar los elementos en función de su accesibilidad, disponibilidad y cumplimiento de los criterios de inclusión, sin que todos los miembros de la población tengan igual probabilidad de ser elegidos (61). En este estudio, la elección de las piezas dentales se basó en su disponibilidad en los servicios odontológicos y en su adecuación a las condiciones requeridas para el desarrollo de la investigación.

3.6 Variable y operacionalización

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición	Escala valorativa
Cantidad de <i>debris</i> apical	Cantidad de residuos de barrillo a nivel apical.	Valores expresados en peso.	Valor obtenido en gramos.	Razón	gramos
Técnica endodóntica	Instrumentación utilizada para la preparación biomecánica del conducto.	<ul style="list-style-type: none"> - Técnica Manual - Técnica Rotatoria - Técnica Reciprocante 	<ul style="list-style-type: none"> - Limas K (manual) - Sistema ProTaper NEXT® (rotatorio) - Sistema WaveOne Gold® (reciprocante) 	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> 1: Técnica manual (limas K) 2: Sistema ProTaper NEXT® 3: Sistema WaveOne Gold®

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1 Técnica

Se empleó la técnica de observación directa para analizar el comportamiento de los grupos de premolares durante el desarrollo del experimento, con el objetivo de registrar los datos relacionados con la extrusión apical. Para asegurar la uniformidad en el registro de información, se realizó previamente una calibración entre los evaluadores, y los datos fueron consignados en una ficha diseñada específicamente para este estudio.

En la descripción de cada protocolo de instrumentación se especificaron las limas utilizadas. En el caso del sistema reciprocante, se aplicó el WaveOne Gold®, utilizando las limas SMALL (20/07), PRIMARY (25/07), MEDIUM (35/06) y LARGE (45/05), conforme a las indicaciones del fabricante y manteniendo una irrigación continua con hipoclorito de sodio al 5 %.

3.7.2 Descripción de instrumento

Se empleó una balanza electrónica de alta sensibilidad (0.0001 g) como herramienta de medición, cuya calibración fue verificada antes de cada jornada experimental, conforme a las especificaciones del fabricante. Las actividades de laboratorio se desarrollaron en el centro especializado HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C., lo que permitió asegurar condiciones controladas y óptimas para la obtención de datos precisos y reproducibles.

Procedimiento

Fase inicial

- Se procedió a distribuir las premolares en tres grupos de 10 cada uno, las cuales fueron seleccionados bajo los criterios de inclusión y almacenados en agua destilada, para luego tomar una radiografía digital con la finalidad de observar el conducto único y garantizar ello utilizándose un microscopio quirúrgico Global Surgical – USA para mejorar la visualización.

- Luego se realizó el acceso de la cámara con una fresa de diamante redonda mediana (MDT) procediendo a la permeabilidad del conducto con Lima K 8 y 10 realizando movimientos horarios y antihorario en el conducto hasta alcanzar el foramen apical.

- Se procedió a la toma de la longitud de trabajo de todas las piezas a 1mm del foramen apical para luego tomar una radiografía digital y registrar la longitud en la ficha de recolección de datos.

Fase de instrumentación

-Se utilizó viales de vidrio basándose en la técnica de Fairbourn y col (1987), colocando una tapa de goma generando un sellado hermético para cada vial, posterior a ello se insertó en la tapa de goma una aguja calibre 23 para genera un equilibrio entre las presiones externa e interna negativa durante la irrigación, para la irrigación se utilizó una aguja Navitip.

Técnica manual (Step-back): Se inició con lima K #15 hasta la longitud de trabajo, progresando con las limas #20, #25, #30 y #35 (instrumento memoria), finalizando con la lima #45. Durante cada recapitulado se irrigó con hipoclorito de sodio al 5%, siguiendo el retroceso progresivo descrito por Fairbourn et al. (1987).

Técnica rotatoria (ProTaper Next): Se utilizó un contraángulo Endomate NSK a 300 rpm y torque de 2.4 Ncm. La secuencia empleada fue X1 (17/04) para el tercio cervical, X2 (25/06) para el tercio medio y X3 (30/07) para el tercio apical, con irrigación intermedia con hipoclorito al 5%.

Técnica reciprocante (WaveOne Gold): Se estableció un acceso recto, se verificó la vía de deslizamiento con lima K #10, y se instrumentó con limas PRIMARY (25/07), SMALL (20/07) y MEDIUM (35/06), aplicando presión suave hacia la longitud de trabajo y siempre irrigando con hipoclorito de sodio al 5%.

Fase de recolección de *debris*

La recolección del *debris* apical extruido se realizó utilizando tubos Eppendorf estériles, previamente identificados y pesados en vacío mediante una balanza electrónica de alta precisión (< 0.0001 g). Luego del procedimiento de instrumentación, cada muestra irrigada fue transferida a los tubos mediante micropipetas calibradas con capacidad de 1 ml.

Posteriormente, los tubos fueron sometidos a un proceso de centrifugación (BOECO) a 12,000 rpm durante cinco minutos, con el objetivo de separar los componentes sólidos del líquido irrigante. Una vez finalizado este paso, se retiró cuidadosamente el sobrenadante sin alterar el sedimento, y los tubos fueron colocados en una incubadora a 37 °C durante siete días, permitiendo la evaporación completa del irrigante residual.

Finalizado el proceso, se procedió a pesar nuevamente los tubos, y la cantidad de residuos fue determinada mediante la diferencia entre el peso final (con residuos secos) y el peso inicial (en vacío).

Todos los datos obtenidos fueron registrados en la ficha diseñada específicamente para la recolección de información en este estudio.

3.7.3 Validación

Para esta investigación, el instrumento fue sometido a validación de contenido mediante la estrategia de juicio de expertos. Se solicitó la participación de tres especialistas con grado de magíster y experiencia en el área de Endodoncia, quienes evaluaron el instrumento en base a criterios de claridad, coherencia, pertinencia, actualidad, organización y suficiencia. Cada experto completó la matriz de validación asignando puntajes según la escala establecida (60).

El análisis de los puntajes otorgados permitió obtener un coeficiente de validez de 0.90, valor que se encuentra dentro del rango considerado como “aprobado” (<0.70–1.00), lo que evidenció que el instrumento resultó adecuado para registrar las observaciones vinculadas a las variables de estudio (Ver Anexo 5).

3.7.4 Confiabilidad

La confiabilidad del estudio fue estimada mediante el índice Kappa, utilizado para valorar el grado de concordancia entre examinadores (62). Adicionalmente, se efectuó un análisis de medias basado en la prueba piloto, con el propósito de confirmar la solidez metodológica de la muestra seleccionada. Para evaluar la consistencia entre evaluadores, se aplicó el coeficiente de correlación intraclassa (ICC), obteniéndose resultados altamente satisfactorios: ICC = 0.993 en medidas individuales y 0.996 en promedios, ambos dentro del rango que indica confiabilidad excelente. El intervalo de confianza al 95 % mostró márgenes estrechos (0.979–0.998 y 0.989–0.999,

respectivamente), y la prueba F arrojó significancia estadística ($p < 0.001$), lo que refuerza la solidez del modelo aplicado. Estos resultados evidencian que el procedimiento de pesaje del debris apical presentó una alta concordancia entre evaluadores, asegurando precisión y reproducibilidad en los datos obtenidos durante el experimento in vitro (ver Anexo 4).

3.8 Plan de procesamiento y análisis de datos

El tratamiento y análisis de los datos se ejecutaron siguiendo una estructura metodológica rigurosa, con el objetivo de garantizar la exactitud y confiabilidad de los resultados obtenidos. Inicialmente, se verificó exhaustivamente la calidad de la información recolectada, asegurando la integridad de las fichas de observación y la coherencia de los registros.

Para el procesamiento estadístico se empleó el software SPSS en su versión 27.0, reconocido por su solidez y uso extendido en investigaciones científicas. Se aplicaron pruebas de normalidad para evaluar la distribución de la variable principal. Luego, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias entre los grupos evaluados, complementado con la prueba post hoc de Tukey, que permitió identificar diferencias específicas entre ellos. El nivel de significancia se fijó en 5 % ($p < 0.05$). Los hallazgos fueron organizados en tablas y gráficos, resaltando las diferencias estadísticamente significativas detectadas en el análisis inferencial.

3.9 Aspectos éticos

Esta investigación fue validada por el Comité de Ética en Investigación (CIEI) de la Universidad Norbert Wiener, lo que aseguró el respeto a los principios éticos que

rigen los estudios científicos (ver Anexo 6). Además, el documento fue sometido a control de similitud mediante la herramienta Turnitin, obteniendo un resultado dentro de los márgenes permitidos por la normativa institucional (ver Anexo 8). Los autores manifestaron no tener conflictos de interés, garantizando así la integridad, transparencia y legitimidad del trabajo presentado.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Resultados

4.1.1 Análisis descriptivo de resultados

Tabla 1

Cantidad de debris apical extruido con la técnica manual (limas K)

Estadígrafos	Cantidad de debris (g)
	Limas K
n	10
Media	0.009
Desviación Típica	0.0006
Mínimo	0.0081
Máximo	0.0099

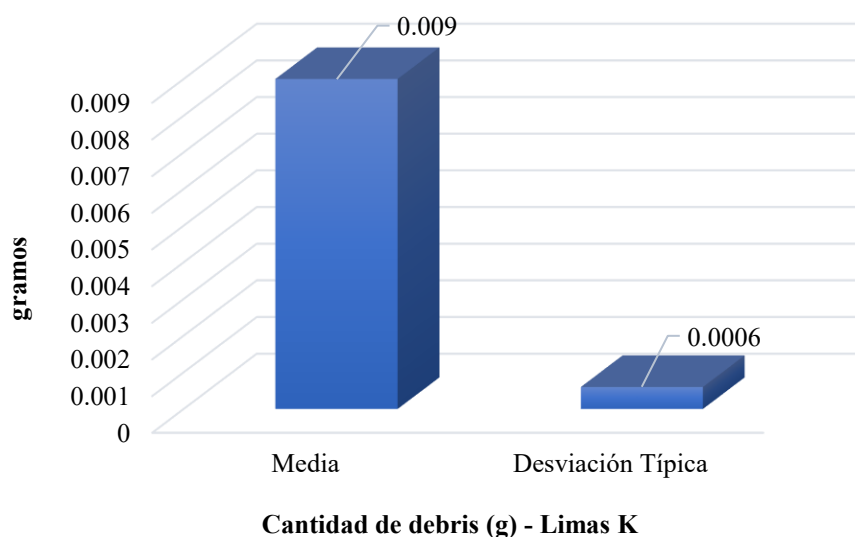


Figura 1

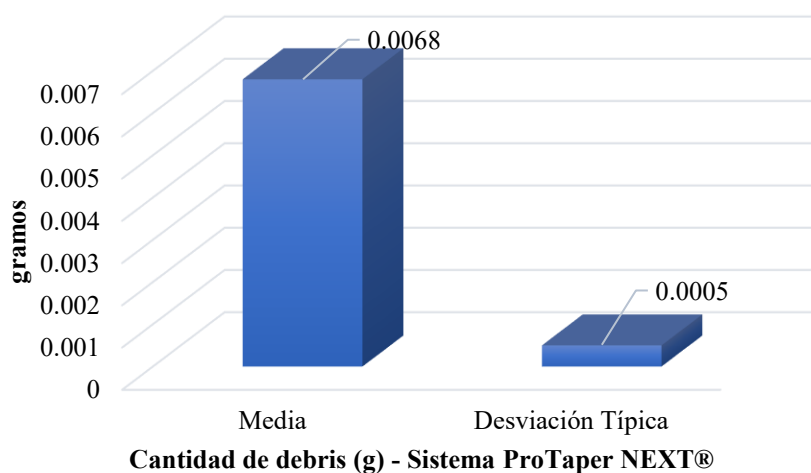
Media y desviación estándar de la cantidad de debris apical extruido con la técnica manual (limas K)

Los resultados obtenidos con la técnica manual utilizando limas tipo K mostraron una media de extrusión apical de 0.009 g, con una desviación típica de 0.0006 g. Los valores oscilaron entre un mínimo de 0.0081 g y un máximo de 0.0099 g.

Tabla 2

Cantidad de debris apical extruido con el sistema rotatorio ProTaper NEXT®

Estadígrafos	Cantidad de debris (g)
	Sistema ProTaper NEXT®
n	10
Media	0.0068
Desviación Típica	0.0005
Mínimo	0.0061
Máximo	0.0076

**Figura 2**

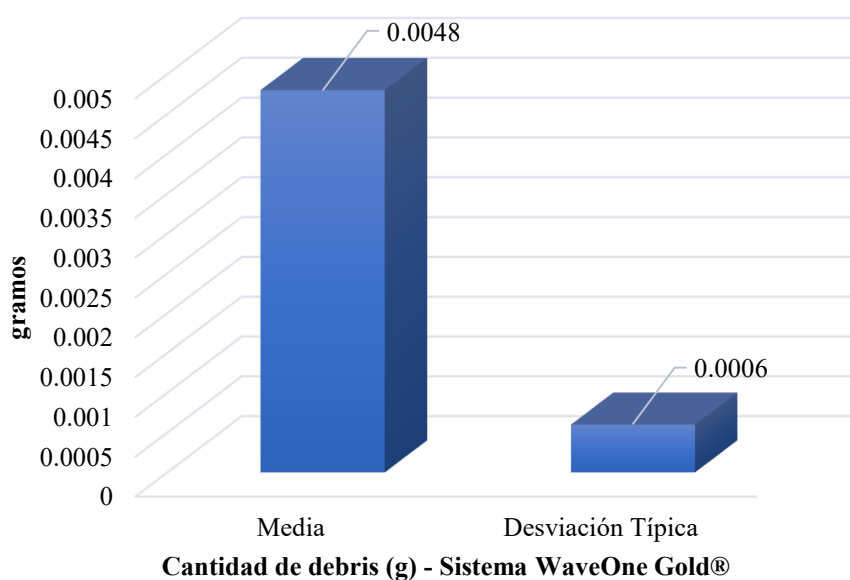
Media y desviación estándar de la cantidad de debris apical extruido con el Sistema ProTaper NEXT®

En el grupo instrumentado con el sistema rotatorio ProTaper NEXT®, se observó una media de debris extruido de 0.0068 g, con una desviación típica de 0.0005 g. Los valores variaron entre 0.0061 g y 0.0076 g.

Tabla 1

Cantidad de debris apical extruido con el sistema reciprocante WaveOne Gold®

Estadígrafos	Cantidad de debris (g)
	Sistema WaveOne Gold®
n	10
Media	0.0048
Desviación Típica	0.0006
Mínimo	0.004
Máximo	0.0059

**Figura 3**

Media y desviación estándar de la cantidad de debris apical extruido con el Sistema WaveOne Gold®

El sistema reciprocante WaveOne Gold® evidenció la menor cantidad de debris apical extruido, con una media de 0.0048 g y una desviación típica de 0.0006 g. Los valores mínimos y máximos registrados fueron 0.004 g y 0.0059 g, respectivamente.

4.1.2 Prueba de hipótesis

Análisis de normalidad

Ho: La cantidad de *debris* (g) provienen de una distribución normal.

Ha: La cantidad de *debris* (g) no provienen de una distribución normal.

Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Regla de decisión

Si $p \leq 0.05$; se rechaza Ho.

Si $p > 0.05$; no se rechaza Ho.

Tabla 4

Normalidad de la cantidad de debris (g)

	Limás K	Sistema ProTaper NEXT®	Sistema WaveOne Gold®
Shapiro-Wilk	0.9212	0.9791	0.8921
p	0.3669	0.9599	0.1791

Para examinar la distribución de los datos obtenidos sobre la cantidad de *debris* apical extruido con cada técnica de instrumentación, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Los tres grupos analizados arrojaron valores de significancia mayores a 0.05, lo que, bajo un nivel de confianza del 95 % ($\alpha = 0.05$), indicó que no existía evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. En términos prácticos, esto significó que los datos se ajustaban a una distribución normal.

Este resultado resultó importante porque permitió fundamentar el empleo de pruebas estadísticas paramétricas. En consecuencia, se aplicó un análisis de varianza de un factor (ANOVA) para contrastar las medias entre los grupos de estudio. Cuando el

ANOVA mostró diferencias estadísticamente significativas, se procedió con la prueba post hoc de Tukey, la cual facilitó identificar de manera puntual entre qué grupos se presentaban esas diferencias. De este modo, el análisis ofreció una visión más precisa y confiable sobre la comparación de los sistemas de instrumentación en relación con la extrusión de *debris* apical.

Hipótesis general

Ho: No existe diferencia entre la cantidad de *debris* apical in vitro extruido tras la utilización de una técnica manual, un sistema rotatorio y un reciprocante.

Ha: Existe diferencia entre la cantidad de *debris* apical in vitro extruido tras la utilización de una técnica manual, un sistema rotatorio y un reciprocante.

Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Regla de decisión

Si $p \leq 0.05$; se rechaza Ho.

Si $p > 0.05$; no se rechaza Ho.

Tabla 5

ANOVA la cantidad de debris (g) según técnicas

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Técnica endodóntica	8.9969×10^{-5}	2	4.4984×10^{-5}	136.6228	< .001
Residuals	8.8900×10^{-6}	27	3.2926×10^{-7}		

Como se muestra en la Tabla 5, el resultado fue altamente significativo ($F = 136.6228$; $p < 0.001$), lo cual indica que al menos uno de los grupos difiere de los demás en cuanto a la cantidad de residuos extruidos. En consecuencia, se rechazó la hipótesis

nula (H_0), concluyéndose que sí existen diferencias estadísticamente significativas entre las técnicas.

Tabla 6

Comparaciones PosHoc de la cantidad de debris (g) según técnicas

	Técnicas	Diferencia de Medias	ET	gl	t	p _{Tukey}
	Limas K Sistema ProTaper NEXT®	0.0022	0.0003	27	8.69	< .001
	Limas K Sistema WaveOne Gold®	0.0042	0.0003	27	16.5227	< .001
	Sistema ProTaper NEXT® Sistema WaveOne Gold®	0.0020	0.0003	27	7.8327	< .001

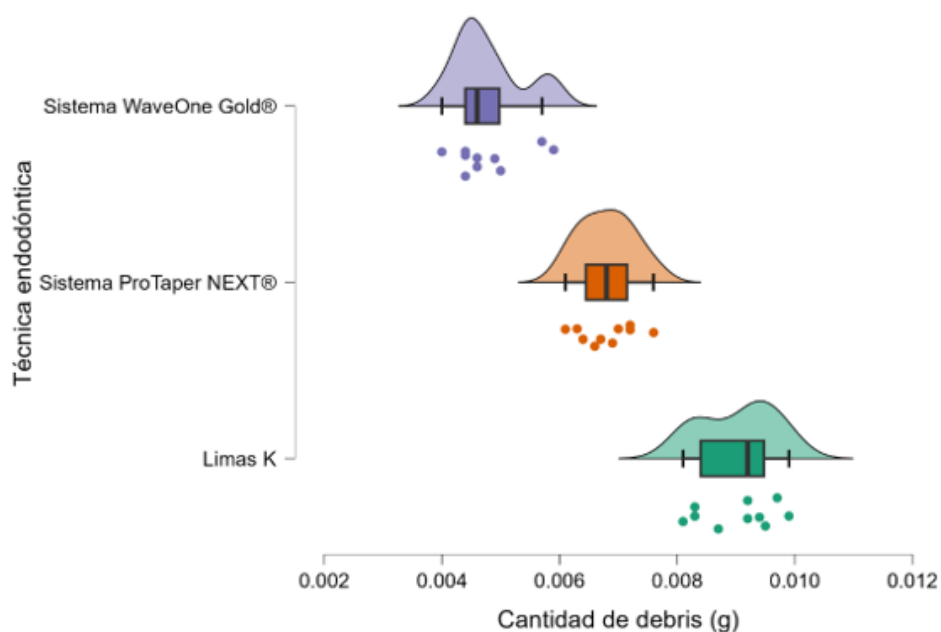


Figura 4

Diagramas de caja y bigote de la de la cantidad de debris apical extruido según técnicas.

Para identificar entre qué grupos se presentaban dichas diferencias, se aplicó una prueba post hoc de Tukey, cuyos resultados se presentan en la Tabla 6. Esta prueba reveló diferencias significativas en todas las comparaciones por pares. Además, en la figura 4, se observa claramente cómo el grupo instrumentado con limas K presentó la mayor media y rango de extrusión, seguido del grupo rotatorio, y finalmente el grupo recíprocante, que presentó los valores más bajos.

4.2 Discusión de resultados

El estudio determinó que existieron diferencias significativas en la cantidad de debris apical extruido entre la técnica manual (0.009 g), el sistema rotatorio ProTaper NEXT® (0.0068 g) y el sistema reciprocante WaveOne Gold® (0.0048 g) ($p < 0.001$). Este comportamiento confirma lo documentado en la literatura, donde la técnica manual se asocia con un mayor riesgo de extrusión apical debido a su dinámica de impulsión-tracción, en contraste con los movimientos controlados y diseñados para evacuar coronariamente los residuos que ofrecen los sistemas mecanizados, especialmente los reciprocantes. Desde una perspectiva clínica, estos hallazgos tienen implicancias relevantes, ya que la extrusión apical de debris puede favorecer inflamación, dolor postoperatorio o flare-up. Así, los sistemas WaveOne Gold® y ProTaper NEXT® se consolidan como opciones más conservadoras y biológicamente seguras frente a la instrumentación manual tradicional. Esta evidencia fue comparable con lo descrito por Metkari et al. (2025) en India, quienes reportaron que la técnica manual Step-Back generó 0.0252 ± 0.0140 g de residuos, mientras que el sistema rotatorio FlexiCON presentó los valores más bajos con 0.0045 ± 0.0105 g. De manera similar, Mohana et al. (2022) hallaron que Step-Back produjo 0.90 ± 0.04 mg, frente a 0.62 ± 0.03 mg con Crown-Down, 0.11 ± 0.02 mg con ProTaper Next y 0.37 ± 0.03 mg con WaveOne, evidenciando que los sistemas mecanizados disminuyeron significativamente la extrusión. En Perú, Manrique (2023) encontró que Excalibur (reciprocante) extruyó 0.0073 g, mientras que Rotate (rotatorio) alcanzó 0.0200 g, resultados en línea con lo observado en esta investigación.

La instrumentación manual con limas K presentó una media de 0.009 g de residuos extruidos. Esta técnica, basada en movimientos de impulsión-tracción sin evacuación activa del debris, presentó una tendencia elevada a la extrusión de residuos. Asimismo,

desde un punto de vista clínico, esto representa un mayor riesgo de inflamación periapical postoperatoria, especialmente si no se controla adecuadamente la longitud de trabajo. Además, la elevada cantidad de debris confirma que las técnicas manuales, aunque clásicas, requieren una evaluación crítica en cuanto a su impacto biológico. Este resultado fue consistente con Metkari et al. (2025), quienes reportaron que la técnica Step-Back alcanzó 0.0252 ± 0.0140 g, confirmando que las técnicas manuales producen mayor cantidad de debris. De forma similar, Mohana et al. (2022) mostraron que Step-Back generó 0.90 ± 0.04 mg, el valor más elevado de todos los sistemas evaluados. En Ecuador, Cortés (2023) también halló que la técnica manual con ProTaper Universal produjo 1.0100 mg, siendo la de mayor extrusión frente a sistemas mecanizados.

El sistema ProTaper NEXT® arrojó una media de 0.0068 g de residuos extruidos, valor intermedio entre la técnica manual y el sistema reciprocante. Estos datos indican que la instrumentación rotatoria produjo una cantidad moderadamente menor de residuos apicales en comparación con la técnica manual. Clínicamente, este comportamiento puede atribuirse al diseño de las limas y a la rotación continua que favorece la evacuación coronaria del debris. Además, la menor extrusión indica un riesgo biológico más bajo, con potencial para mejorar el confort postoperatorio y reducir complicaciones como el flare-up. Este hallazgo coincidió con Fontana et al. (2024), quienes reportaron que ProTaper Next alcanzó 0.0068 g, situándose entre los sistemas con mayor extrusión frente a WaveOne Gold y Reciproc Blue que tuvieron valores más bajos sin diferencias significativas entre ellos. Asimismo, Rajnekar et al. (2021) evidenciaron que ProTaper Next produjo 0.0009 ± 0.0001 g, resultado mayor al obtenido con TruNatomy (0.0003 ± 0.0001 g). En Perú, Manrique (2023) encontró que Rotate (rotatorio) generó 0.0200 g, siendo el grupo con mayor extrusión frente a los reciprocantes.

El sistema WaveOne Gold® mostró la menor cantidad de residuos, con una media de 0.0048 g. Esta técnica, basada en un movimiento alternante que reduce el empuje apical, demostró ser la más conservadora en términos de extrusión de residuos. Desde una perspectiva clínica, estas evidencias son relevantes, ya que un menor volumen de debris expulsado disminuye el riesgo de inflamación periapical, favorece la cicatrización y mejora la tolerancia del tratamiento por parte del paciente. Además, esto refuerza el valor del sistema WaveOne Gold® como una alternativa segura y eficiente en la preparación biomecánica. Este resultado fue comparable con Mohana et al. (2022), quienes reportaron que WaveOne extruyó 0.37 ± 0.03 mg, significativamente menor que los valores de las técnicas manuales y rotatorias. Fontana et al. (2024) también evidenciaron que WaveOne Gold y Reciproc Blue tuvieron valores más bajos de extrusión (≤ 0.006 g) en comparación con sistemas rotatorios como ProTaper Next. De igual modo, Al-Saffar y Al-Gharrawi (2023) en Irak confirmaron que R-Motion produjo 0.00015 mg, siendo el sistema más conservador frente a WaveOne Gold y ProTaper Next. En Brasil, Neri et al. (2022) reportaron que Reciproc Blue alcanzó 0.0059 g, valores próximos a los encontrados en este estudio. A nivel nacional, Manrique (2023) concluyó que el sistema Excalibur (reciprocante) presentó 0.0073 g, menor que Rotate (0.0200 g). Todos estos antecedentes reforzaron lo observado: los reciprocantes, y en particular WaveOne Gold®, demostraron ser los sistemas más seguros en términos de control de extrusión. Si bien los hallazgos de este estudio mostraron una clara ventaja de los sistemas reciprocantes frente a las técnicas manuales y rotatorias, se reconoció que las condiciones in vitro no replicaron completamente la complejidad del medio oral, donde intervienen la irrigación sanguínea, la presión periapical y la respuesta inflamatoria del huésped. En consecuencia, la generalización de los resultados a la práctica clínica debe asumirse con cautela. No obstante, la consistencia de los datos con

múltiples antecedentes internacionales y nacionales resaltó la importancia de los hallazgos, reafirmando que los sistemas mecanizados, especialmente los reciprocantes, constituyen una alternativa conservadora y biológicamente favorable para reducir complicaciones postoperatorias en endodoncia.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se comprobó que la cantidad de debris apical extruido varió significativamente según la técnica de instrumentación, siendo la técnica manual la que generó mayor cantidad de residuos, seguida por la rotatoria y finalmente la reciprocante, que mostró la menor extrusión.

La técnica manual con limas K extruyó en promedio 0.009 g de debris apical, lo que la convierte en la opción menos conservadora del estudio.

El sistema rotatorio ProTaper NEXT® presentó una extrusión promedio de 0.0068 g de debris, situándose entre la técnica manual y el sistema reciprocante.

El sistema reciprocante WaveOne Gold® fue el más conservador, con una media de 0.0048 g de debris apical extruido, constituyéndose en la técnica con mejores resultados dentro del estudio.

5.2 Recomendaciones

Realizar estudios in vitro con una muestra ampliada y empleando diversas piezas dentales, entre ellas molares con múltiples raíces, permitiría verificar la consistencia de los resultados en configuraciones anatómicas de mayor complejidad

Realizar estudios ex vivo o in vivo que permitan comparar la extrusión apical de debris en condiciones clínicas reales, considerando variables adicionales como la irrigación sanguínea, la presión periapical y la respuesta inflamatoria del huésped.

Evaluar la relación entre la extrusión de debris apical y la presencia de dolor postoperatorio o reagudizaciones en pacientes, a fin de establecer un vínculo directo entre los hallazgos de laboratorio y la práctica clínica.

Comparar diferentes sistemas rotatorios y reciprocantes de última generación, ya que las propiedades de sus aleaciones y diseños pueden influir en la cantidad de residuos extruidos.

Ampliar la investigación hacia la influencia de los protocolos de irrigación y activación de soluciones (sónica, ultrasónica o con láser) sobre la extrusión apical, para determinar qué combinaciones reducen en mayor medida este fenómeno.

REFERENCIAS

1. Ates AA, Arıcan B, Testarelli L, Gambarini G, Zanza A, Seracchiani M. Influence of Clinical Operative Technique on Debris Extrusion of Two Reciprocating Files. *Pesqui Bras Em Odontopediatria E Clínica Integrada* [Internet]. 2021;21:e0224. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/pboci.2021.114>
2. Villani FA, Zamparini F, Spinelli A, Aiuto R, Prati C. Apical debris extrusion and potential risk of endodontic flare-up: correlation with rotating and reciprocating instruments used in daily clinical practice. *G Ital Endodonzia* [Internet]. 2024;38(1):79-93. Disponible en: <https://doi.org/10.32067/GIE.2023.37.01.31>
3. Gonçalves WDC, Alves SD, Moreira MFDN, Fernandes SL, Oliveira DCD. Evaluation of apical debris extrusion in endodontics retreatment for three instrumentation systems. *Rev SAÚDE Multidiscip* [Internet]. 2020;7(1):1-7. Disponible en: <http://revistas.famp.edu.br/revistasaudemultidisciplinar/article/view/109>
4. Fontana CE, dos Santos B, Carvalho L, de Moura JD, Rocha DGP, Pelegrine RA, et al. Comparative Analysis of Debris Extrusion and Instrumentation Time Among Various Endodontic File Systems: An In Vitro Study. *G Ital Endodonzia* [Internet]. 2024;38(3):43-53. Disponible en: <https://doi.org/10.32067/GIE.2024.38.01.22>
5. Elashiry M, Saber S, Elashry S. Apical extrusion of debris after canal shaping with three single-file systems. *Niger J Clin Pract* [Internet]. 2020;23(1):79. Disponible en: https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_319_19
6. Mereles FA. Análisis de la cantidad de detritus extruido por los diferentes sistemas de rotación continua y reciprocante. *Rev Acad Sci Oralis Salut* [Internet]. 2024;5(1):64-8. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.py/index.php/founc/article/view/226/123>

7. Yu D, Guo L, Gao J, Liu J, Yang D. Evaluation of apical extrusion of debris and centering ability in different nickel-titanium files during curved root canal preparation. *BMC Oral Health* [Internet]. 2023;23(1):395. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03070-3>
8. Saberi EA, Ebrahimipour S, Saberi M. Apical Debris Extrusion with Conventional Rotary and Reciprocating Instruments. *Iran Endod J* [Internet]. 2020;15(1):38-43. Disponible en: <https://doi.org/10.22037/iej.v15i1.23823>
9. Alhayki MM, Eid B, Eleman R, Elsewify T. Evaluation of Apically Extruded Debris During Root Canal Preparation Using ProTaper Ultimate and ProTaper Gold: An Ex Vivo Study. *Eur Endod J* [Internet]. 2025;10:41-6. Disponible en: <https://doi.org/10.14744/ej.2024.43650>
10. Ali M, Ahmed MA, Syed AUY, Jamil A, Khan SP, AlMokhatieb AA, et al. Quantitative Evaluation of Apically Extruded Debris of Root Canal Dentin Layer with WaveOne, ProTaper Next, ProTaper Gold Rotary File Systems. *Coatings* [Internet]. 2022;12(4):451. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/coatings12040451>
11. Wall S, Maureira S, Madrid C, Antini C. Instrumentación rotatoria comparado con instrumentación manual para tratamiento endodóntico en dientes permanentes. *Int J Interdiscip Dent* [Internet]. 2021;14(1):67-72. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S2452-55882021000100067>
12. dos Santos MG, Pinto LM, Peske FE, Alves MFVM, de Sousa ELR. Extrusão apical de debris após instrumentação de canais radiculares. *RSBO* [Internet]. 2022;19(2):343-51. Disponible en: <https://doi.org/10.21726/rsbo.v19i2.1875>
13. Metkari S, Sachdev SS, Patil P, Ramugade M, Sapkale KD, Banga KS, et al. Comparative Evaluation of Periapical Expulsion Using Manual, Rotary, and

Reciprocating Instrumentation With EndoVac Irrigation: An In Vitro Study. *Cureus* [Internet]. 2025;17(1):e77975. Disponible en: <https://doi.org/10.7759/cureus.77975>

14. Saberi E, Bijari S, Gholami F, Mohtashami E, Farahi F. A comparison of the apical extrusion of debris by tapering in rotary systems: in vitro experimental study. *Explor Med* [Internet]. 2025;6:1001351. Disponible en: <https://doi.org/10.37349/emed.2025.1001351>

15. Al-Saffar FB, Al-Gharrawi HA. A Comparative Evaluation of the Apically Extruded Debris from Root Canals Prepared by R-Motion NiTi File System. Testarelli L, editor. *Int J Dent* [Internet]. 2023;2023(1):5731248. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2023/5731248>

16. Cortés DG. Evaluación de extrusión apical en conductos curvos con sistemas rotatorios y reciprocantes: estudio in vitro. *Rev Cuba Investig Bioméd* [Internet]. 2023;42:e3353. Disponible en: <https://revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/3353/1541>

17. Mohana P, Abraham D, Gurawa A, Gupta A, Chauhan P, Singh A, et al. Quantitative evaluation of apically extruded debris during root canal preparation with reciprocating single file system, continuous rotary multiple file system and manual technique: An in vitro study. *Endodontology* [Internet]. 2022;34(2):80-5. Disponible en: https://doi.org/10.4103/endo.endo_167_21

18. Neri L, M. Kadi E, C. G. Radaic S, G. Ferreira K, C. Prado M, Nascimento WM, et al. Apical extrusion of debris produced by the heat treated single-file systems XP-Endo Shaper, Reciproc Blue and ProDesign Logic. *G Ital Endodonzia* [Internet]. 2020;34(2):135-41. Disponible en: <https://doi.org/10.32067/GIE.2020.34.02.06>

19. Machado AM, de Lima CO, de Oliveira NF, Santos AEC, Risso P de A. Apically Extruded Debris Using Reciprocating Single File and Additional Use of MaxWire Alloy File. *Rev Bras Odontol* [Internet]. 2020;77:e18183. Disponible en: <https://revista.aborj.org.br/index.php/rbo/article/view/1883>
20. da Silva EJNL, de Moura SG, de Lima CO, Barbosa AFA, Misael WF, Lacerda MFLS, et al. Shaping ability and apical debris extrusion after root canal preparation with rotary or reciprocating instruments: a micro-CT study. *Restor Dent Endod* [Internet]. 2021;46(2):e16. Disponible en: <https://doi.org/10.5395/rde.2021.46.e16>
21. Rajnekar R, Mankar N, Nikhade P, Chandak M. Comparative evaluation of apical debris extrusion during root canal preparation using three different rotary file systems. *F1000Research* [Internet]. 2023;12:797. Disponible en: <https://doi.org/10.12688/f1000research.135235.2>
22. Cano EL, Tejada AE. Eficacia de la instrumentación rotatoria y reciprocante en la preparación biomecánica de conductos radiculares de dientes deciduos. *Cienc Lat Rev Científica Multidiscip* [Internet]. 2024;8(1):7807-26. Disponible en: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10108
23. Manrique MV. Comparación de la extrusión apical de debris durante la preparación del conducto radicular con limas de movimiento reciprocante: Excalibur, TF4 y movimiento rotatorio: ROTATE [Internet] [Tesis para optar por el Título de Segunda Especialidad Profesional en Endodoncia]. [Lima]: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2023. Disponible en: <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/14918>
24. Gora JA, Vite CM. Diferencia en la extrusión apical de detritus en dos limas de endodoncia en el Laboratorio de la Universidad Continental-2019 [Internet] [Tesis para

- optar el Título Profesional de Cirujano Dentista]. [Huancayo]: Universidad Continental; 2022. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12484>
25. El-Kishawi M, Khalaf K. An Update on Root Canal Preparation Techniques and How to Avoid Procedural Errors in Endodontics. *Open Dent J* [Internet]. 2021;15(1):318-24. Disponible en: <https://doi.org/10.2174/1874210602115010318>
26. Tomson PL, Adams N, Kavanagh D, Virdee SS. Non-surgical endodontics: contemporary biomechanical preparation of the root canal system. *Br Dent J* [Internet]. 2025;238(7):478-86. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41415-025-8599-1>
27. Pichunlaf D, Vigouroux A. Estudios comparativo de la transportación apical entre dos sistemas de instrumentación mecanizada de níquel-titanio : sistema reciprocante waveone y sistema de rotación continua protaper universal ambas de la marca comercial dentsply [Internet] [Tesis para optar el Título de Cirujano Dentista]. [Santiago-Chile]: Universidad Finis Terrae; 2014. Disponible en: <https://repositorio.uft.cl/items/c7c5e014-fa1b-4ce2-a076-c3ed54552a3c/full>
28. Puleio F, Bellezza U, Torre A, Giordano F, Lo Giudice G. Apical Transportation of Apical Foramen by Different NiTi Alloy Systems: A Systematic Review. *Appl Sci* [Internet]. 2023 [citado 23 de septiembre de 2025];13(19):10555. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app131910555>
29. Djuric NP, Vyver PJV der, Vorster M, Vally ZI. Factors influencing apical debris extrusion during endodontic treatment - A review of the literature. *South Afr Dent J* [Internet]. 2021;76(1):28-36. Disponible en: <https://doi.org/10.17159/2519-0105/2021/v76no1a4>
30. Monteiro TM, Silva WO, Marques JO, Guerra ACSP, Alves FRF. Apical Extrusion of Bacteria during Canal Preparation: A Systematic Review of Laboratory

Studies. J Endod [Internet]. 2025;51(7):866-78. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2025.04.009>

31. Sierra-Cristancho A, Gómez-Villaruel D, Gajardo-Martínez F, Correa-Schnake V. Apical Extrusion of Dentin and Irrigant Smear Layer Produced by Two Nickel Titanium Instrumentation Systems when Using Passive or Active Irrigation. Int J Odontostomatol [Internet]. 2019;13(1):51-7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2019000100051>

32. Paixão S, Gomes PS, Fernandes MH, Rodrigues C, Grenho L. Comparative Evaluation of Ultrasonic and Sonic Irrigant Activation Systems: Assessing Extrusion Risk, Debridement, and Biofilm Removal in Distinct Apical Preparation Sizes. Appl Sci [Internet]. enero de 2024;14(9):3904. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app14093904>

33. Yılmaz B, Küçükay ES. Evaluating the apically extruded debris and irrigants in different nickel–titanium instrumentation and irrigation techniques. Turk Endod J TEJ [Internet]. 2021;6(3):80-6. Disponible en: <https://doi.org/10.14744/TEJ.2021.05025>

34. Al-Omari TMN, La Rosa GRM, Albanna RHI, Tabnjh A, Papale F, Pedullà E. The effect of different kinematics on apical debris extrusion with a single-file system. Odontology [Internet]. 2023;111(4):910-5. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10266-023-00802-3>

35. Kumar A, Kaushik M, Mehra N, Verma N, Rathore T. Influence of apical diameter and instrument taper on apical debris extrusion during root canal instrumentation: An in vitro study. J Conserv Dent Endod [Internet]. 2025;28(3):279-84. Disponible en: https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_14_25

36. Mohammed SF, Khudhur SY, Mohammed ZH, AL-Rawas M, Noorani TY, Yhaya MF. The Effect of Cross-Section of Three Different Files on Apical Debris and Irrigant Solution Extrusion Using Full File Sequences: An In Vitro Study. *Dent* 3000 [Internet]. 2025;13(1):a001. Disponible en: <https://doi.org/10.5195/d3000.2025.791>
37. Labarta AB, Sierra LG. Remoción del barro dentinario y erosión sobre el sustrato al utilizar diferentes soluciones ácidas. *Odontol Sanmarquina* [Internet]. 2018;21(2):103-12. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/os.v21i2.14775>
38. Moradas M, Álvarez B. El barrillo dentinario y su importancia en endodoncia. *Endodoncia (Mex)* [Internet]. 2019;24(1):11-21. Disponible en: <https://rcoe.es/articulos/75-el-barrillo-dentinario-y-su-importancia-en-endodoncia-.pdf>
39. Martinelli S, Strehl A, Mesa M. Estudio de la eficacia de diferentes soluciones de EDTA y ácido cítrico en la remoción del barro dentinario. 2012;52-63. Disponible en: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/ode/v14n19/v14n19a06.pdf>
40. Nourolouyouni A, Shahi S, Salem Milani A, Noorolouny S, Farhang R, Yousefi Azar A. In vitro apical extrusion of debris and instrumentation time following root canal instrumentation with Reciproc and Reciproc Blue instruments and a novel stainless steel rotary system (Gentlefile) versus manual instrumentation. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* [Internet]. 2023;17(3):136-41. Disponible en: <https://doi.org/10.34172/joddd.2023.39271>
41. Ünlü O, Güneç HG, Haznedaroğlu F. Investigation of the efficacy of different Ni-Ti systems on acrylic blocks for correcting ledge formation. *BMC Oral Health* [Internet]. 2023;23(1):174. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12903-023-02865-8>
42. Arias A, Peters OA. Present status and future directions: Canal shaping. *Int Endod J* [Internet]. 2022;55(S3):637-55. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/iej.13698>

43. Grande N, Castagnola R, Minciocchi I, Marigo L, Plotino G. A review of the latest developments in rotary NiTi technology and root canal preparation. *Aust Dent J* [Internet]. 2023;68(S1):S24-38. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/adj.12998>
44. García G, Alfie D, Rodriguez P. Protaper Next: La Evolución. *Rev Fac Odon UBA* [Internet]. 2017;32(72):43-6. Disponible en: http://odontologia.uba.ar/wp-content/uploads/2018/06/vol32_n72_2017_art5.pdf
45. Dentsply Sirona. Sistema de limas de endodoncia ProTaper Next | Dentsply Sirona [Internet]. 2021. Disponible en: <https://www.dentsplysirona.com/es-pe/descubrir/descubrir-por-marca/protaper-next.html>
46. Orellana AP, Alcosta M, Salazar DF, González F. Sistemas rotatorios reciprocantes y su relación con dolor postoperatorio y Flare-Up: una revisión sistemática [Internet] [Tesis para optar el Título de Cirujano Dentista]. [Chile]: Universidad de Chile; 2022. Disponible en: https://www.bibliotecadigital.uchile.cl/discovery/fulldisplay/alma991007903685603936/56UDC_INST:56UDC_INST
47. Dentsply Sirona. Sistema de archivo único waveone gold [Internet]. 2025. Disponible en: <https://www.endoruddle.com/WaveOned>
48. Van der Vyver P, Voster M. WaveOne® Gold reciprocating instruments: clinical application in the private practice: Part 2. *Int Dent* [Internet]. 2017;7(4):50-60. Disponible en: https://www.moderndentistrymedia.com/aug_sep2017/van-der-vyver-part2.pdf
49. Endodontic Practice US. Clinical application of WaveOne® Gold reciprocating instruments: part 1 [Internet]. <https://endopracticeus.com/>. 2019 [citado 23 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://endopracticeus.com/archived-ce/clinical-application-of-waveone-gold-reciprocating-instruments-part-1/>

50. Dentsply Sirona. WaveOne® Gold System [Internet]. 2017. Disponible en: <https://assets.dentsplysirona.com/dentsply/web/Endodontics/global-page-templates-assets/download-pdf%27s/waveonegold/WaveOne%20Gold%20ROW%20DFU%20EN.pdf>
51. Djuric NP, Vyver PJV der, Vorster M, Vally ZI. Factors influencing apical debris extrusion during endodontic treatment - A review of the literature. *South Afr Dent J* [Internet]. 2021;76(1):28-36. Disponible en: <https://doi.org/10.17159/2519-0105/2021/v76no1a4>
52. Kumar A, Kaushik M, Mehra N, Verma N, Rathore T. Influence of apical diameter and instrument taper on apical debris extrusion during root canal instrumentation: An in vitro study. *J Conserv Dent Endod* [Internet]. 2025;28(3):279-84. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12007744/pdf/JCDE-28-279.pdf>
53. Teixeira JMS, Cunha FM, Jesus RO, Silva EJNL, Fidel SR, Sassone LM. Influence of working length and apical preparation size on apical bacterial extrusion during reciprocating instrumentation. *Int Endod J* [Internet]. 2015;48(7):648-53. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/iej.12357>
54. Tanalp J. A critical analysis of research methods and experimental models to study apical extrusion of debris and irrigants. *Int Endod J* [Internet]. 2022;55(S1):153-77. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/iej.13686>
55. Subbiya A, Geethapriya N, Jahir S, Prakash V, Venkatesh A, Shobhana R. Comparative Evaluation of Apically Extruded Debris Using Rotary and Reciprocating NiTi Instruments: An In Vitro Study. *J Oper Dent Endod* [Internet]. 2020;4(2):68-71. Disponible en: <https://www.jodend.com/doi/JODE/pdf/10.5005/jp-journals-10047-0082>

56. Sánchez Flores FA. Portal web. 2019. Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-25162019000100008
57. Forriol F. Portal web. 2010. Métodos de investigación clínicos en cirugía ortopédica y traumatología / Clinical research methods. Disponible en: <https://ibecs.isciii.es/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=IBECS&lang=e&nextAction=lnk&exprSearch=86002&indexSearch=ID>
58. Dunn P. 2021. Investigación científica y metodología: una introducción a la investigación cuantitativa en ciencia y salud. Disponible en: <https://research.usc.edu.au/esploro/outputs/textbook/Scientific-Research-and-Methodology-An-introduction/99659798502621>
59. Ñaupas H, Mejía E, Trujillo I, Romero H, Medina W, Novoa E. Metodología de la investigación total: cuantitativa, cualitativa y redacción de tesis [Internet]. Sexta edición. Bogotá: Ediciones de la U; 2023. Disponible en: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9789587924664_A47035222/preview-9789587924664_A47035222.pdf
60. Hernández-Sampieri R, Mendoza C. Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta [Internet]. Segunda edición. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.; 2023. 784 p. Disponible en: https://www.sancristoballibros.com/libro/metodologia-de-la-investigacion-las-rutas-cuantitativa-cualitativa-mixta_93340

61. Martínez C. Estadística y muestreo [Internet]. Décima cuarta edición. Bogotá: Ecoe Ediciones; 2019. 1-1321 p. Disponible en: <https://centrohumanista.edu.mx/biblioteca/files/original/f90541b4e1faed5121f53df0fe37b922.pdf>
62. Rau G, Yu-Shan S. Evaluation of Cohen's kappa and other measures of inter-rater agreement for genre analysis and other nominal data. J Engl Acad Purp [Internet]. 2021;53:101026. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1475158521000709>
63. Martínez JA, Pérez PS. Coeficiente de correlación intraclase. Med Fam SEMERGEN [Internet]. 2023;49(3):101907. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1138359322002817>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DISEÑO METODOLÓGICO
<p>Problema general:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Existe diferencia en la cantidad de debris apical in vitro extruido tras la utilización de una técnica manual, un sistema rotatorio y un reciprocante? <p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la cantidad de debris extruido tras la utilización de una técnica manual? • ¿Cuál es la cantidad de debris extruido tras la utilización de un sistema rotatorio? • ¿Cuál es la cantidad de debris extruido tras la utilización de un sistema reciprocante? 	<p>Objetivo general:</p> <p>Comparar la cantidad de debris apical in vitro extruido tras la utilización de una técnica manual, un sistema rotatorio y un reciprocante.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificar la cantidad de debris extruido tras la utilización de una técnica manual. - Analizar la cantidad de debris extruido tras la utilización de un sistema rotatorio. - Conocer la cantidad de debris extruido tras la utilización de un sistema reciprocante. 	<p>Hipótesis de trabajo (Hi)</p> <p>Existe diferencia entre la cantidad de debris apical in vitro extruido tras la utilización de una técnica manual, un sistema rotatorio y un reciprocante.</p> <p>Hipótesis nula (Ho)</p> <p>No existe diferencia entre la cantidad de debris apical in vitro extruido tras la utilización de una técnica manual, un sistema rotatorio y un reciprocante.</p>	<p>Variable:</p> <p>Cantidad de debris apical</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Valores expresados en g</p> <p>Variable:</p> <p>Técnica endodóntica</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Técnica Manual - Técnica Rotatoria Técnica Reciprocante 	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicativo</p> <p>Método:</p> <p>Hipotético deductivo</p> <p>Nivel:</p> <p>Experimental</p> <p>Explicativo</p> <p>Longitudinal</p> <p>Prospectivo</p> <p>Analítico</p> <p>Población y muestra:</p> <p>30 piezas dentales (premolares)</p>

Anexo 2: Instrumento

FICHA DE OBSERVACIÓN

Grupo 1:

Premolar N°	LONGITUD DE TRABAJO		
	TECNICA MANUAL	TECNICA ROTATORIA	TECNICA RECIPROCANTE
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Grupo 2

Premolar N°	CANTIDAD DE DEBRIS APICAL		
	TECNICA MANUAL	TECNICA ROTATORIA	TECNICA RECIPROCANTE
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Anexo 3: Base de datos

Premolar N°	LONGITUD DE TRABAJO		
	TECNICA MANUAL	TECNICA ROTATORIA	TECNICA RECIPROCANTE
1	20 mm	20 mm	20 mm
2	20 mm	20 mm	20 mm
3	20 mm	20 mm	20 mm
4	20 mm	20 mm	20 mm
5	20 mm	20 mm	20 mm
6	20 mm	20 mm	20 mm
7	20 mm	20 mm	20 mm
8	20 mm	20 mm	20 mm
9	20 mm	20 mm	20 mm
10	20 mm	21 mm	21 mm
11	21 mm	21 mm	21 mm
12	21 mm	21 mm	21 mm
13	21 mm	21 mm	21 mm
14	21 mm	21 mm	21 mm
15	21 mm	21 mm	21 mm
16	21 mm	21 mm	21 mm
17	21 mm	21 mm	21 mm
18	21 mm	21 mm	21 mm
19	21 mm	21 mm	21 mm
20	21 mm	21 mm	21 mm
21	22 mm	22 mm	22 mm
22	22 mm	22 mm	22 mm
23	22 mm	22 mm	22 mm
24	22 mm	22 mm	22 mm
25	22 mm	22 mm	22 mm
26	22 mm	22 mm	22 mm
27	22 mm	22 mm	22 mm
28	22 mm	22 mm	22 mm
29	22 mm	22 mm	22 mm
30	22 mm	22 mm	22 mm

Anexo 4: Confiabilidad del instrumento

Base de datos (Piloto)

Muestra	Técnica	Experto	Evaluador
Muestra 1	Manual	0.00896	0.00878
Muestra 2	Manual	0.00929	0.00904
Muestra 3	Manual	0.00842	0.00843
Muestra 4	Manual	0.00873	0.00854
Muestra 5	Manual	0.00896	0.00911
Muestra 6	Rotatoria	0.00626	0.00657
Muestra 7	Rotatoria	0.00712	0.00736
Muestra 8	Rotatoria	0.00681	0.007
Muestra 9	Rotatoria	0.00675	0.00661
Muestra 10	Rotatoria	0.0067	0.00691
Muestra 11	Reciprocante	0.00503	0.00526
Muestra 12	Reciprocante	0.00483	0.00462
Muestra 13	Reciprocante	0.00482	0.00479
Muestra 14	Reciprocante	0.00516	0.00524
Muestra 15	Reciprocante	0.00478	0.00455

Tabla 2

Valores del coeficiente de correlación intraclase (ICC)

Nivel	Rango
Pobre	< 0.40
Suficiente	0.40 - 0.59
Bueno	0.60 - 0.74
Excelente	0.75 - 1

Tomado de Martínez y Pérez (63) en 2023

Tabla 3

Resultado del ICC

	Correlación intraclase ^b	Intervalo de confianza al 95%		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	p
Medidas únicas	0,993 ^a	0.979	0.998	280.176	14	14	<0.001
Medidas promedio	0,996 ^c	0.989	0.999	280.176	14	14	<0.001


Modelo de dos factores de efectos mixtos donde los efectos de personas son aleatorios y los efectos de medidas son fijos.

a. El estimador es el mismo, esté presente o no el efecto de interacción.

b. Coeficientes de correlaciones entre clases del tipo C que utilizan una definición de coherencia. La varianza de medida intermedia se excluye de la varianza del denominador.

c. Esta estimación se calcula suponiendo que el efecto de interacción está ausente, porque de lo contrario no se puede estimar.

Anexo 5: Expedientes de validación



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Universidad
Norbert Wiener

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres del Experto: Gustavo Quijandía Ore
 1.2 Cargo e Institución donde labora: Universidad Norbert Wiener
 1.3 nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA DE OBSERVACIÓN.
 1.4 Título de la Investigación: COMPARACIÓN IN VITRO DE LA CANTIDAD DE DEBRIS APICAL EXTRUIDO TRAS LA UTILIZACIÓN DE UNA TÉCNICA MANUAL, UN SISTEMA ROTATORIO Y UN RECÍPROCANTE.

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

	CRITERIOS	Deficiente 1	Baja 2	Regular 3	Buena 4	Muy buena 5
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.				X	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógic.				X	
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad en sus ítems.					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del desarrollo de capacidades cognitivas.				X	
7. CONSISTENCIA	Alineado a los objetivos de la investigación y metodología.					X
8. COHERENCIA	Entre los ítems, indicadores y las dimensiones.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio.					X
10. PERTINENCIA	El instrumento es adecuado al tipo de investigación.				X	
CONTEO TOTAL DE MARCAS (realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)						
		A	B	C	D	E


$$\text{Coeficiente de Validez} = \frac{(1 \times A) + (2 \times B) + (3 \times C) + (4 \times D) + (5 \times E)}{50} = 0.9$$

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Útilice el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el círculo asociado)

Categoría	Intervalo
Desaprobado	[0,00 – 0,50]
Observado	<0,60 – 0,70]
Aprobado	<0,70 – 1,00]

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Lima, 26 de 6 del 2025.


 C. Quijandía Ore
 Esp. Rot. Oral
 Flujograma 5



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres del Experto: Ricardo Paredes Díaz
 1.2 Cargo e Institución donde labora: U. Norbert Wiener
 1.3 nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA DE OBSERVACIÓN
 1.4 Título de la Investigación: COMPARACIÓN IN VITRO DE LA CANTIDAD DE DEBRIS APICAL EXTRUIDO TRAS LA UTILIZACIÓN DE UNA TÉCNICA MANUAL, UN SISTEMA ROTATORIO Y UN RECIPROCANTE.

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

	CRITERIOS	Deficiente 1	Baja 2	Regular 3	Buena 4	May buena 5
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.				X	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad en sus ítems.					X
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del desarrollo de capacidades cognitivas.				X	
7. CONSISTENCIA	Alineado a los objetivos de la investigación y metodología.					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio.					X
10. PERTINENCIA	El instrumento es adecuado al tipo de investigación.				X	
CONTEO TOTAL DE MARCAS (realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)						
		A	B	C	D	E

$$\text{Coeficiente de Validez} = \frac{(1 \times A) + (2 \times B) + (3 \times C) + (4 \times D) + (5 \times E)}{50} = 0.9$$

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el círculo asociado)

Categoría	Intervalo
Desaprobado	[0,00 - 0,60]
Observado	<0,60 - 0,70]
Aprobado	<0,70 - 1,00]

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Lima, 26 de 6 del 2025.


 Dr. Ricardo A. Paredes Díaz
 CIRUJANO DENTISTA
 COP. 24803
 Firma y sello



Universidad
Robert Wlener

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres del Experto: *Alvarado Anicama, Renato*
 1.2 Cargo e Institución donde labora: *Universidad Robert Wlener*
 1.3 nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA DE OBSERVACIÓN.
 1.4 Título de la Investigación: COMPARACIÓN IN VITRO DE LA CANTIDAD DE DEBRIS APICAL EXTRUIDO TRAS LA UTILIZACIÓN DE UNA TÉCNICA MANUAL, UN SISTEMA ROTATORIO Y UN RECIPROCANTE.

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

	CRITERIOS	Deficiente 1	Baja 2	Regular 3	Buena 4	Muy buena 5
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					✓
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					✓
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					✓
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad en sus ítems.				✓	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del desarrollo de capacidades cognitivas.					✓
7. CONSISTENCIA	Alineado a los objetivos de la investigación y metodología.					✓
8. COHERENCIA	Entre los ítems, indicadores y las dimensiones.					✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del estudio.					✓
10. PERTINENCIA	El instrumento es adecuado al tipo de investigación.					✓
CONTEO TOTAL DE MARCAS (realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)						
		A	B	C	D	E

$$\text{Coeficiente de Validez} = \frac{(1 \times A) + (2 \times B) + (3 \times C) + (4 \times D) + (5 \times E)}{50} = 0.9$$

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un apa en el círculo asociado)

Categoría	Intervalo
Desaprobado	[0,00 – 0,60]
Observado	<0,60 – 0,70]
Aprobado	<0,70 – 1,00]

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Lima, 26 de 06 del 2025.

Renato Alvarado Anicama
 Dr. Renato Alvarado Anicama
 FERTILIDAD, IMPLANTES Y REHABILITACIÓN ORAL
 COP 19041
 Firma y sello

Anexo 6: Constancia de exoneración de revisión por comité de ética**COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA E INTEGRIDAD
CIENTÍFICA****CONSTANCIA DE EXONERACIÓN DE REVISIÓN**

Lima, 28 de abril de 2025

Investigador(a)
Evelyn Elizabeth Ordoñez Portocarrero
Exp. N°: 0745-2025

De mi consideración:

Es grato expresarle mi cordial saludo y a la vez informarle que el Comité Institucional de Ética e Integridad Científica de la Universidad Privada Norbert Wiener (CIEIC-UPNW) acuerda la **Exoneración de revisión** del siguiente protocolo de estudio:

- Protocolo titulado: "**COMPARACIÓN IN VITRO DE**
- **LA CANTIDAD DE DEBRIS APICAL EXTRUIDO TRAS LA UTILIZACIÓN DE UNA TÉCNICAMANUAL, UN SISTEMA ROTATORIO Y UN RECIPROCANTE**" con fecha 22/04/25.

El cual tiene como investigador principal al Sr(a) 'Evelyn Elizabeth Ordoñez Portocarrero.

Es cuanto informo a usted para su conocimiento y fines pertinentes.

Atentamente,


Raúl Antonio Rojas Ortega
Presidente
Comité Institucional de Ética e Integridad Científica
UPNW



Avenida Arequipa 440
Universidad Privada Norbert Wiener
Teléfono: 706-5555 anexo 3286-3287 Cel. 981000698
Correo: comite.etica@uwieneredu.pe

Anexo 7: Formato de donación

FORMATO DE DONACIÓN

Lima, 6 de Julio del 2025

Señores:

Universidad Norbert Wiener
EAP ODONTOLOGÍA
Atención: Comité de ética
Pte.


Yo, C. D. Shirley Susana Chavez Guzmán con número de colegiatura 24976 con domicilio Av. Benavente 120. Guadalupe Suburban Laboral en DENTAL COLEGIALS MULTICENTRO ANILLOS PREVENTOS, por medio de la presente, doy a conocer la donación de 40 piezas premolares extraídas por motivos ortodóncicos realizados durante los tratamientos respectivos en mi consulta privada, a la estudiante Ordoñez Portocarrero Evelyn Elizabeth para que los emplee en el desarrollo del trabajo de investigación titulado: "COMPARACION IN VITRO DE LA CANTIDAD DEL DEBRIS APICAL EXTRUIDO TRAS LA UTILIZACION DE UNA TECNICA MANUAL UN SISTEMA ROTATORIO Y UN RECIPROCANTE", deslindando responsabilidades a la alumna Ordoñez Portocarrero Evelyn Elizabeth en cuanto a la extracción.


C.D. Esp. Shirley S. Chavez G.
ORTODONCIA Y ORTOFONIA MAXILAR
COP. 24976 RNE 2305

C. D. SHIRLEY S. CHAVEZ GUZMAN

N° de Colegiatura: 24976

Anexo 8: Reporte de turnitin

 Página 2 de 59 - Descripción general de integridad Identificador de la entrega tmcoid::14912-508899734




10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)


Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

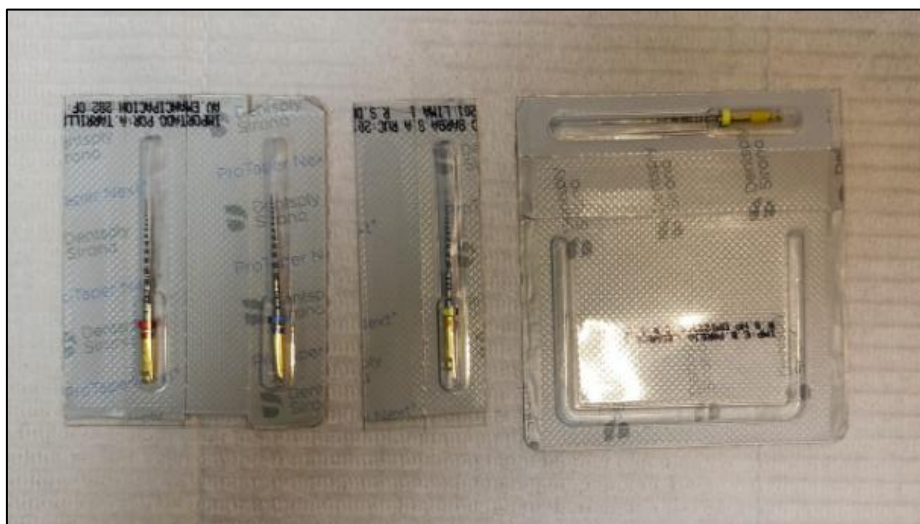
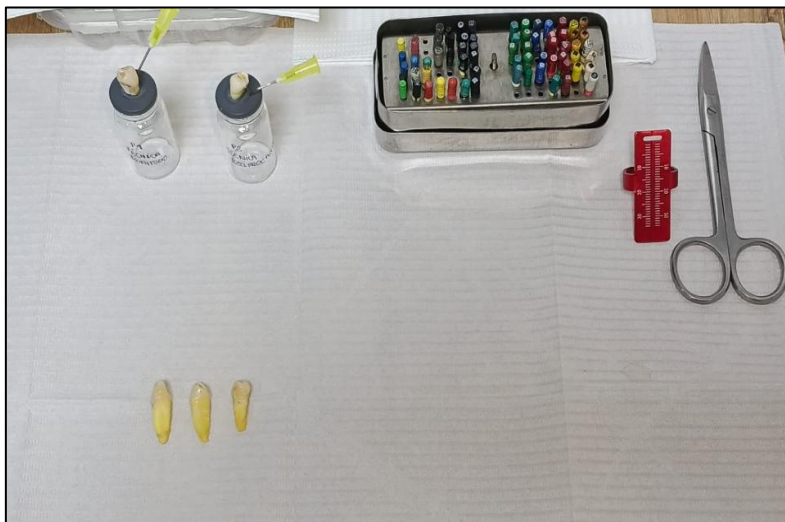
Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitan distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 Página 2 de 59 - Descripción general de integridad Identificador de la entrega tmcoid::14912-508899734

Anexo 9: Evidencia fotográfica

Materiales que se utilizaron para la elaboración del trabajo

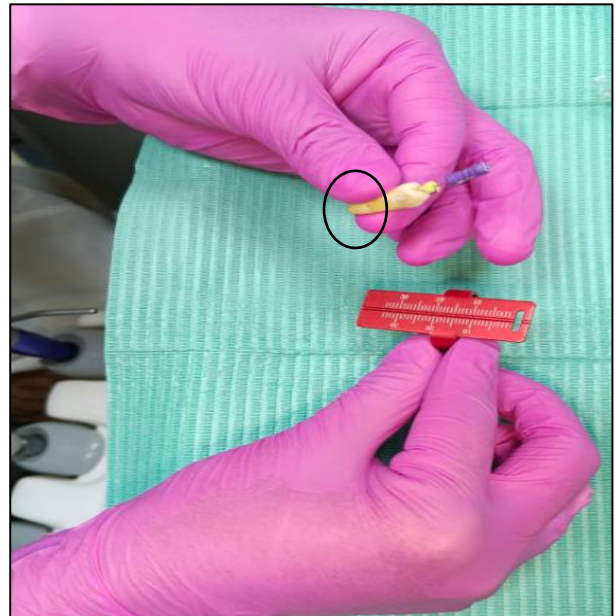
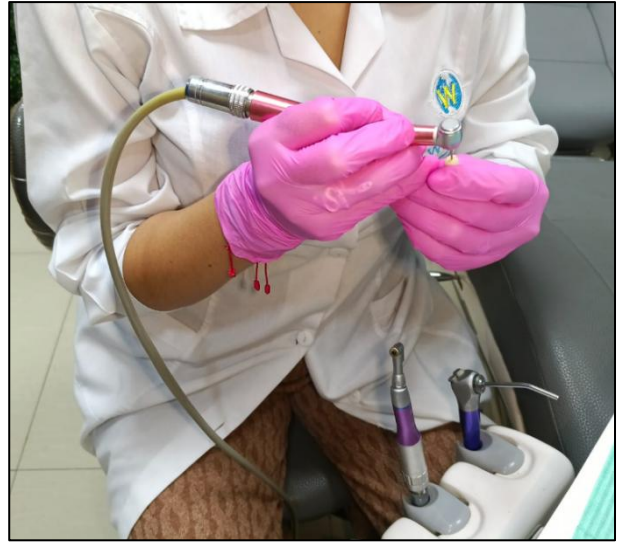


Preparación de los especímenes

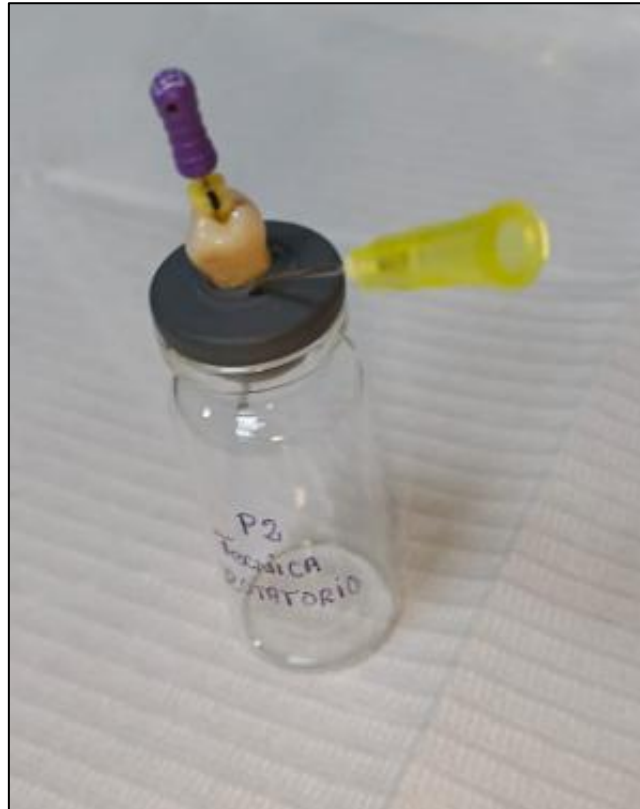


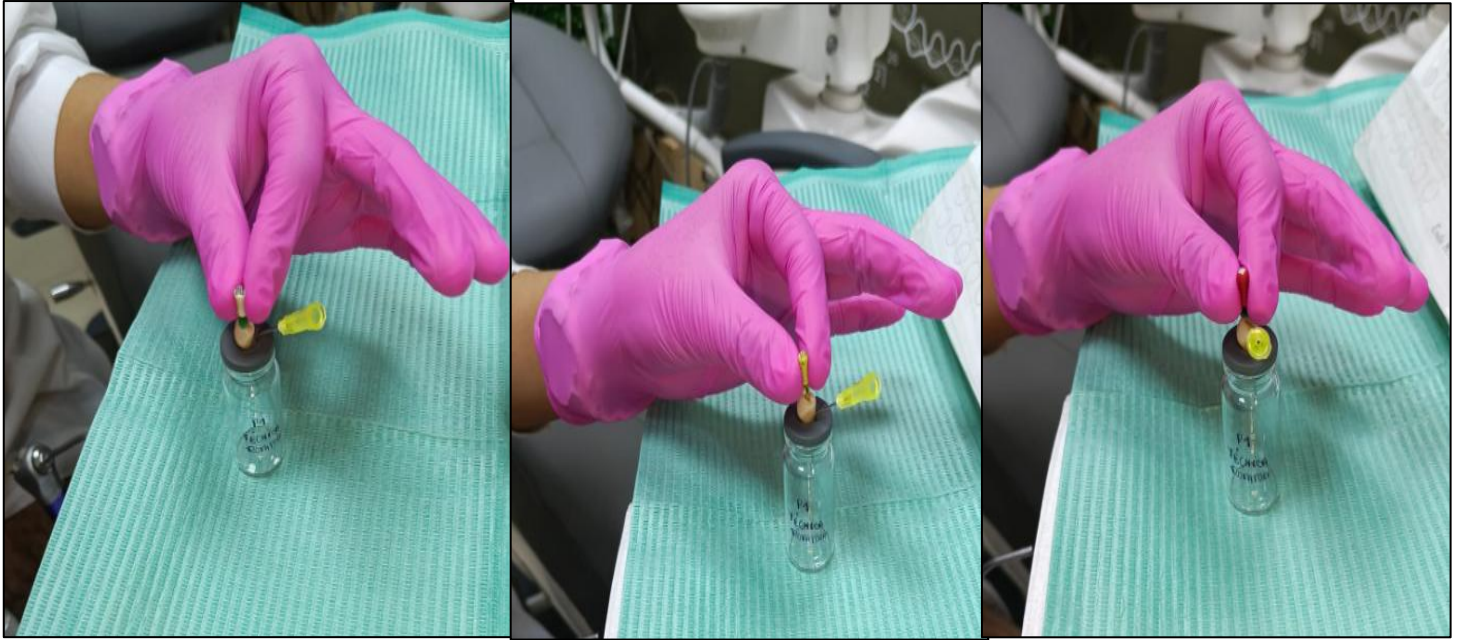
Toma radiográfica de cada pieza dental a trabajar

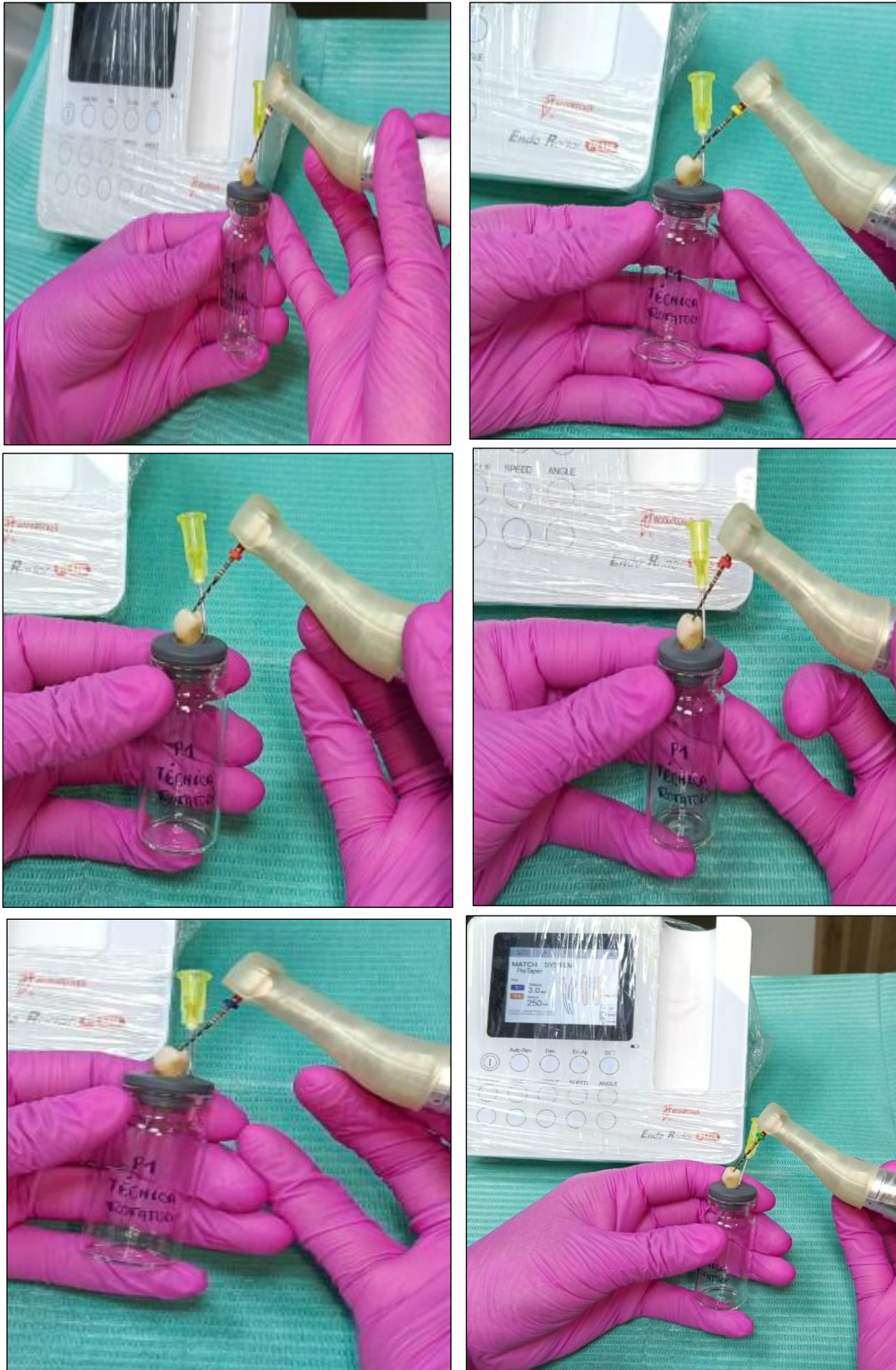
Determinación de la longitud de trabajo



Colocación de los especímenes en los recipientes de recolección



Grupo 1: Step Back**Procedimiento de irrigación**

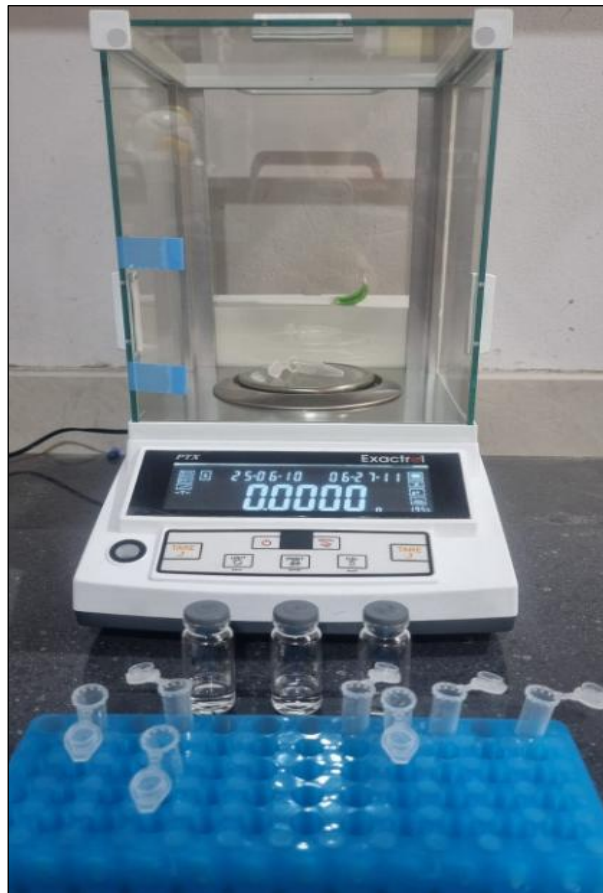
Grupo 2: Sistema rotatoria Protaper®**Preparación y trabajo para la recolección del Debris**

Grupo 3: Sistema reciprocante Recipro®



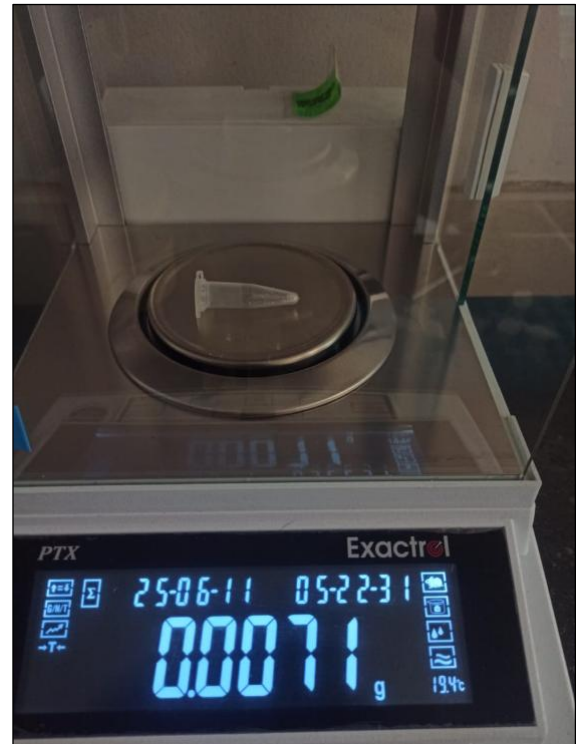
Preparación y trabajo para la recolección del Debris

Máquina de centrifugado y recolección del Debris



Tubos Eppendorf con contenido de Debris

Máquina de pesado del Debris recolectado de manera individual por cada pieza dental






10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	upc.aws.openrepository.com	2%
2	Internet	repositorio.uwiener.edu.pe	2%
3	Internet	www.researchgate.net	<1%
4	Internet	hdl.handle.net	<1%
5	Internet	www.dspace.uce.edu.ec	<1%
6	Internet	pesquisa.bvsalud.org	<1%
7	Trabajos entregados	Universidad Nacional Mayor de San Marcos on 2025-05-14	<1%
8	Trabajos entregados	Universidad Católica de Santa María on 2025-07-09	<1%
9	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2017-09-11	<1%
10	Trabajos entregados	Universidad Wiener on 2022-08-23	<1%
11	Publicación	Gámez-Guadix, Manuel, and Carmen Almendros. "Parental discipline in Spain and..."	<1%