



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA
MAESTRÍA EN ENDODONCIA

“Evaluación de la exactitud de tres localizadores apicales. Experimental (Kerr ®), Root ZX ® mini y Propex® Pixi. Estudio *In Vitro*”

AUTOR:

M.E. Paola Audré López Soto

Tesis presentada para obtener el grado de:

MAESTRO EN ENDODONCIA

DIRECTOR DE TESIS: PhD. Héctor Eduardo Flores Reyes

ASESORA: MsC. María Verónica Méndez González

ASESORA: PhD. Mariana Gutiérrez Sánchez

San Luis Potosí, S.L.P. Julio del 2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA
MAESTRÍA EN ENDODONCIA

“Evaluación de la exactitud de tres localizadores apicales. Experimental (Kerr ®), Root ZX ® mini y Propex® Pixi. Estudio *In Vitro*”

AUTOR:

M.E. Paola Audré López Soto

Tesis presentada para obtener el grado de:

MAESTRO EN ENDODONCIA

DIRECTOR DE TESIS..... PhD. Héctor Eduardo Flores Reyes
Profesor – Investigador
Maestría en Endodoncia
Facultad de Estomatología, UASLP

ASESORA.....MsC. María Verónica Méndez González
Profesor – Investigador
Maestría en Endodoncia
Facultad de Estomatología, UASLP

ASESORA.....PhD. Mariana Gutiérrez Sánchez
Profesor – Investigador
Maestría en Endodoncia
Facultad de Estomatología, UASLP



“Evaluación de la exactitud de tres localizadores apicales. Experimental (Kerr ®), Root ZX ® mini y Propex® Pixi. Estudio *In Vitro*”

AUTOR:

M.E. Paola Audré López Soto

Trabajo de grado aprobado para su presentación en el nombre de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultada de Estomatología, Maestría en Endodoncia, por las siguientes autoridades:

Dr. Ricardo Martínez Rider
Director de la Facultad de Estomatología

Dra. Yolanda Hernández Molinar
Jefe de la División de Posgrados de la Facultad de Estomatología

MsC. María Verónica Méndez González
Coordinadora de la Maestría en Endodoncia

San Luis Potosí, S.L.P. Julio del 2023



“Evaluación de la exactitud de tres localizadores apicales. Experimental (Kerr ®), Root ZX ® mini y Propex® Pixi. Estudio *In Vitro*”

Trabajo de grado aprobado para su presentación en el nombre de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Estomatología, Maestría en Endodoncia, por los siguientes asesores:

PhD. Héctor Eduardo Flores Reyes
Directo de Tesis

MSc. María Verónica Méndez González
Asesor

PhD. Mariana Gutiérrez Sánchez
Asesor

San Luis Potosí, S.L.P. Julio del 2023



“Evaluación de la exactitud de tres localizadores apicales. Experimental (Kerr ®), Root ZX ® mini y Propex Pixi®. Estudio *In Vitro*.”

Trabajo de grado aprobado para su presentación en el nombre de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Estomatología, Maestría en Endodoncia, por el siguiente jurado:

PhD. Norma Verónica Zavala Alonso
Presidente

M.E. María Guadalupe Medina Rosas
Secretaria

PhD. Héctor Eduardo Flores Reyes
Vocal

San Luis Potosí, S.L.P. Julio del 2023

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres, por siempre ser el apoyo incondicional, escucharme y comprender cada situación durante toda mi formación profesional. Gracias por enseñarme a trabajar con compasión y paciencia. Sus valores instruidos, me han permitido estar orgullosa de mi, y por lo tanto; de ustedes.

Me permito dar las gracias a Pancho, que ha estado presente en los días buenos y malos. Que me vio todos los días y estuvo a mi lado, que sin necesidad de decir una palabra; nos entendíamos con solo mirarnos. Gracias por los paseos para hacerme sentir mejor, por recibirme siempre con un abrazo y del mejor humor. Siempre estaré agradecida contigo por ser el mejor niño del mundo, por hacerme reír tan solo siendo siendo tú.

Le agradezco a Arturo, por ser tan comprensivo en todo momento. Los dos sabemos que fue difícil durante el camino, sin embargo; ahora lo podemos ver como una etapa que nos mejoró como equipo. Gracias por escucharme y dar lo mejor de ti para entender. Cada consejo brindado queda como lección, la cual me permitirá razonar mejor y estar presente en el momento. Gracias por ser siempre mi mano derecha.

Agradezco al Sr. Arturo, la Sra. Emma y Tony, que siempre me recibieron con los brazos abiertos y las mejores atenciones.

A mis Maestros, por brindarme el conocimiento que me permitirá impartir mi profesión con ética y humildad.

Por último, pero no menos importante. Les doy las gracias a mis compañeros de la generación E30. Gracias Kenia, Katia y Fer por escuchar, comprender y hacer mas fácil llegar juntos a la meta.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

Principalmente, se agradece al Dr. Carlos Muñoz por darme la confianza y oportunidad de realizar esta investigación; por medio del nuevo equipo que fue proporcionado a la Maestría en Endodoncia.

En especial, le doy las gracias a la Dra. Verónica Méndez. Por brindarme la oportunidad de ser parte de la Maestría en Endodoncia; sus consejos y representarnos como una excelente autoridad.

Le agradezco a la Dra. Mariana, por el apoyo y la paciencia. Con sus aportaciones y conocimientos este estudio se logró concluir.

A la Dra. Verónica Zavala, por permitirme realizar el presente estudio por medio del equipo del Doctorado en Ciencias Odontológicas de la UASLP. Gracias por su accesibilidad y su personalidad que impulsan a ser parte de su equipo.

Gracias al Dr. Silva. Por su forma de enseñar y ser tan directo. En virtud de él, tomé la decisión de realizar mis estudios en esta Maestría; en la cual el Dr. Silva, siempre estará presente.

“Evaluación de la exactitud de tres localizadores apicales. Experimental (Kerr®), Root ZX® mini y Propex® Pixi. Estudio In Vitro” © 2023 by Paola Audré López Soto is licensed under [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

RESUMEN

“Evaluación de la exactitud de tres localizadores apicales. Experimental (Kerr ®), Root ZX ® mini y Propex Pixi®. Estudio *In Vitro*”

Autor:
M.E. Paola Audré López Soto

Introducción: El uso del localizador apical electrónico es una herramienta destinada a prevenir el daño y la irritación iatrogénica del tejido periapical, incluyendo la disminución de materiales de obturación en el periápice. La localización de la constricción apical es variable y su detección radiográfica es relativa; ya que, los métodos radiográficos convencionales presentan deficiencias, incluyendo su inexactitud y considerando que el foramen apical frecuentemente no coincide con el ápice radiográfico. **Materiales y métodos:** Se emplearon 60 piezas dentales. El medio utilizado se fabricó por medio de silicona y una red entrecruzada de hidrogel (PVA y PAA), montado en un soporte universal. Se insertó el gancho en contacto con el hidrogel y el clip a la lima con ajuste apical correspondiente al ajuste apical de cada pieza dental. Posterior, se introduce hasta que el localizador indicara OVER/APEX y se regresa hasta 05. Continuando con el registro de la lima en milímetros; siendo así, la lima utilizada con el tercer localizador, fijada con cianocrilato para su observación al MEB. **Resultados:** De acuerdo con la prueba estadística Kruskal Wallis, se obtuvo un Valor Z. Correspondiendo al resultado con mayor exactitud al Grupo A (0.36), Grupo B (0.20) y Grupo C (-0.57). Sin embargo, no se observa diferencia significativa, con un valor de $p = 0.845$. De acuerdo al gráfico circular; en el que se obtuvieron los porcentajes de exactitud en un rango de 0-0.5 mm resultando con mayor exactitud Grupo A y B, 62% para ambos grupos. Mientras que el Grupo C, obtuvo 57% de exactitud. **Conclusiones:** Los tres grupos poseen un rango de exactitud sin diferencia significativa. Sin embargo, se logra observar mayor exactitud en los Grupos A (Root ZX mini®) y B (Kerr®).

PALABRAS CLAVE: *Exactitud, Localizador apical, Kerr, In Vitro.*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1 MARCO TEÓRICO	3
1.1 Longitud de trabajo	3
1.2 Técnicas para obtener odontometría	4
1.3 Historia de los localizadores apicales electrónicos.....	6
1.3.1 Localizador apical electrónico Root Zx mini ®	16
1.3.2 Localizador apical electrónico propex pixi ®	17
1.4 Principio de funcionamiento de los localizadores electrónicos apicales	18
2 JUSTIFICACIÓN	21
2.1 Pregunta de investigación	21
3 OBJETIVOS	22
3.1 Objetivo general.....	22
3.2 Objetivos específicos	22
4 HIPÓTESIS	22
5 METODOLOGÍA	23
5.1 Lugar de realización	23
5.2 Diseño del estudio	23
5.3 Criterios de selección	23
5.3.1 Criterios de inclusión	23
5.3.2 Criterios de no inclusión	23
5.3.3 Criterios de eliminación	24
5.4 Descripción de las variables.....	24
5.4.1 Independiente	24
5.4.2 Dependiente.....	24
5.5 Muestreo	25
5.6 Tamaño de la muestra	25
5.7 Número de grupos.....	25

5.8	Análisis estadístico.....	25
5.9	Consideraciones éticas.....	26
6	PLAN DE TRABAJO.....	27
6.1	PREPARACIÓN DEL MODELO EXPERIMENTAL	27
6.2	Fase experimental	27
6.2.1	Elaboración deL hidrogel	27
6.2.2	Fase experimental.....	29
6.2.3	Preparación de las muestras para observción mediante microscopio electrónico de barrido (MEB) 33	
7	RESULTADOS.....	34
7.1.1	Observación mediante microscopio electrónico de barrido (MEB)	34
8	DISCUSIÓN	44
9	CONCLUSIONES	49
10	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
11	ANEXOS	54

INTRODUCCIÓN

La remoción de todo el tejido pulpar, material necrótico y microorganismos del conducto radicular es esencial para el éxito del tratamiento endodóntico. Además la extracción de dentina infectada y tejido necrótico más allá del foramen apical debe evitarse durante la limpieza y preparación del conducto. Los procedimientos dirigidos al conducto radicular previenen el daño y la irritación iatrogénica del tejido periapical, minimiza la distribución de materiales de obturación en el periápice. Por lo tanto, se sugiere especial atención cuando se determine la longitud de trabajo, sea provisional o definitiva, ya que la constricción apical es el punto que se busca para establecer el límite apical de instrumentación y no el ápice radicular.

Uno de los mayores problemas de los tratamientos Endodónticos es identificar y mantener la longitud biológica del sistema de conductos radicular, es así como las condiciones óptimas de salud con el mínimo contacto entre el material de obturación y el tejido apical. De no ser así se puede presentar la respuesta inflamatoria persistente, destrucción del tejido y reacciones de cuerpo extraño. Por lo tanto, las investigaciones demuestran que el éxito del tratamiento de conductos está influenciado por la adecuada longitud de trabajo durante la terapia endodóntica.

Al determinar con precisión la longitud del conducto radicular se puede lograr una limpieza biomecánica adecuada, eliminando microorganismos y sus subproductos que la literatura Endodóntica ha establecido que desempeñan un papel importante en la iniciación y progresión de la patología periapical. Una vez infectado el espacio del conducto radicular abriga un exceso de bacterias, las cuales crecen mayormente en un biofilm con células agregadas, coagregadas y planctónicas.

Después de una correcta apertura de la cámara pulpar y la localización y permeabilización de conductos, el siguiente paso fundamental para poder llevar a un buen término la preparación biomecánica y el sellado del conducto es la conductometría. Podemos llegar hasta 2mm del ápice radiográfico, los estudios de Kuttler y Green han demostrado que el foramen apical coincide con el vértice en menos 50% de los casos.

Sin embargo, se ha demostrado que el conducto podría estar 3 mm antes del vértice anatómico y el límite apical aceptado para la obturación del sistema de conducto radicular está entre 0.5 a 1 mm del foramen apical, el cual no puede ser visualizado radiográficamente y lo único que se puede distinguir es el vértice que no necesariamente es el punto de medición deseado para determinar la unión cemento-dentina que es el límite para la instrumentación biomecánica y obturación del conducto radicular.

El límite ideal del tratamiento endodóntico es la unión CDC que se encuentra entre 0.52 a 0.65 mm (conducto cementario) del extremo anatómico de la raíz.

La desbridación completa de los conductos debe estar confinada al interior de los mismos para evitar la irritación de los tejidos periapicales y posibilidad de sobreobturar.

Para establecer la longitud de trabajo existen diferentes técnicas que han sido descritas y evaluadas científicamente, entre ellas: Sensibilidad táctil. métodos radiográficos (radiografía convencional, radiografía digital o radiovisiografía, RVG), métodos electrónicos, las cuales describiremos a detalle más adelante.

Si no se determina una apropiada longitud de trabajo el conducto no puede ser limpiado, preparado y obturado correctamente. Además, si los instrumentos y materiales de obturación sobrepasan el espacio del conducto radicular puede producirse una respuesta inflamatoria haciendo que el pronóstico pueda ser desfavorable.

Desafortunadamente, la localización de la constricción apical es variable y su detección radiográfica es relativa. Debido a que los métodos radiográficos convencionales presentan varias deficiencias, incluyendo su inexactitud y considerando que el foramen apical frecuentemente no coincide con el ápice radiográfico, debido a esto en nuestra investigación, con la ayuda de aparatos electrónicos apicales, estableceremos una longitud de trabajo ideal, la cual será evaluada para identificar que aparato es la mejor alternativa para proporcionar un buen tratamiento a nuestros pacientes.

1 MARCO TEÓRICO

1.1 LONGITUD DE TRABAJO

La distancia entre la referencia coronal y la constricción apical se denomina longitud de trabajo en endodoncia. (1,2) De acuerdo a diversas investigaciones, se han considerado los siguientes puntos para determinar la longitud de trabajo real: foramen mayor, 0.5 mm antes del foramen mayor, ápice radiográfico y la constricción apical. Sin embargo, debido a su ubicación en la superficie externa de la punta de la raíz, el foramen es la referencia apical más consistente. También puede representar la unión entre la pulpa y los tejidos periodontales.

La constricción es el punto de referencia de elección para preservar la anatomía apical. Retener la longitud de trabajo hasta la constricción minimizará la irritación de los tejidos periapicales y evitará la instrumentación y el llenado excesivos. (1,3) Las secciones longitudinales de los conductos radiculares se utilizan comúnmente para exponer la constricción con la lima de medición fijada en su lugar. Se ha informado que las secciones longitudinales están asociadas con una variabilidad sustancial en la determinación de la posición de la constricción apical. (1,4)

El ápice radiográfico es la única opción cuando se evalúan radiografías periapicales. Está bien establecido que el ápice radiográfico puede ser engañoso cuando se usa como punto de referencia. (5) No obstante, una radiografía WL puede proporcionar información diagnóstica valiosa. (1)

Kuttler hace referencia, que la distancia del foramen apical en adultos jóvenes varía entre 0.48 mm y 0.6 mm para adultos mayores. Por lo que concluye, para obtener un tratamiento endodóntico exitoso, deberá ser trabajado hasta 0.5 mm del foramen, ya que esta es la distancia promedio de acuerdo a la referencia coronal. (3)

El foramen apical no siempre está localizado en el punto final del ápice anatómico del diente. El foramen del conducto principal radicular puede estar localizado a un lado del ápice anatómico, algunas distancias alcanzan hasta 3 mm en 50-98% de las raíces. En general, la tendencia de la distancia del ápice al foramen es mayor en los dientes posteriores y envejecidos que en los dientes anteriores jóvenes. (6)

1.2 TÉCNICAS PARA OBTENER ODONTOMETRÍA

Existen diferentes técnicas para obtener la longitud de trabajo u odontometría, las cuales se incluyen: la técnica táctil, métodos radiográficos y el método con localizador apical electrónico.

De acuerdo con diferentes autores, la técnica de sensación táctil es desarrollada por el clínico con experiencia. Una vez eliminada la interferencia dentaria del tercio coronal del conducto en el acceso radicular, el clínico experto puede detectar un repentino aumento de la resistencia cuando la lima se aproxima al ápice o si ya se encuentra en tejido periodontal. (6,7)

La percepción táctil, debido a la simplicidad de la técnica y a su virtual efectividad, son factores que motivan a algunos clínicos en la práctica endodóntica a seguir utilizando esta técnica. (6) Sin embargo, se considera ambigua, ya que la percepción táctil puede ser considerada diferente en experiencia de un clínico a otro.

El método radiográfico, es el más usada en endodoncia, ya que se utiliza para verificar la longitud de trabajo. Además, brinda información veraz de la localización del ápice radiográfico. Sin embargo, las técnicas de paralelismo han demostrado ser tan superiores como las técnicas del ángulo de bisectriz en la interpretación de la determinación de la longitud de trabajo y en la reproducción de la anatomía apical. (1,6,7)

La mayor limitación de la radiografía, es que solo se logra observar en dos dimensiones, faltando la tercera dimensión vestíbulo lingual. Esta no se observa en una sola radiografía y para ello, se debe recurrir a diferentes técnicas de angulación en la proyección, tanto horizontal como vertical, además de lograr calidad radiográfica se requiere de una precisa colocación y angulación de los rayos X. (5–9)

El método de determinación de la longitud de trabajo que ha demostrado ser más exacto, es el uso de localizadores apicales electrónicos. El localizador apical electrónico se define como un instrumento electrónico capaz de medir a través de aplicaciones de corriente eléctrica, la longitud del diente, tomando como referencia anatómica el borde oclusal o incisal de la corona y el límite CDC (Cemento – Dentina – Conducto).(10)

La determinación electrónica de la longitud de trabajo en el tratamiento de conductos, se ha considerado un método que ha generado interés y controversia, ayuda a establecer el punto final ideal para la instrumentación y preparación de los conductos, pero se ha recomendado que sea un método complementario a la radiografía, debido a las alteraciones que se encuentran frecuentemente en la anatomía apical. (2,9,11)

Los localizadores electrónicos apicales, nos ayudan a realizar un tratamiento de conductos más adecuado, dando una medida más exacta de la longitud del diente. Para el conocimiento de la verdadera longitud, el operador puede mantener los instrumentos y los materiales de obturación dentro del sistema de conductos. Para lograr este grado de exactitud, el operador debe conocer bien la anatomía del conducto, así como ser consciente de las posibles variaciones en la morfología. (2)

Los localizadores electrónicos apicales pueden determinar la longitud de trabajo más conveniente y precisa. Los principios de estos localizadores son la conductividad eléctrica del tejido cercano al ápice radicular, la cual, es mayor que dentro del sistema de conductos radiculares. Muchos localizadores han sido hechos bajo este principio, los fabricantes aseguran que estos productos pueden localizar la constricción apical. (12) El tamaño apical inicial de un conducto radicular es determinado por la inserción de limas k con un aumento estandarizado hacia el ápice. El tamaño apical inicial de un conducto radicular es asumido como el tamaño de la primera lima que junto con la longitud de trabajo es definido como la lima inicial apical. (13)

1.3 HISTORIA DE LOS LOCALIZADORES APICALES ELECTRÓNICOS

PRIMERA GENERACIÓN: LOCALIZADOR APICAL DE RESISTENCIA

En 1918, Custer, fue el primero en afirmar que el sistema de conductos radiculares podría ser medido a través de una corriente eléctrica. Grove en 1930 indica el punto apropiado en el cual los conductos radiculares deben ser llenados u obturados en la unión de dentina y cemento el cual está separado del punto de unión con la membrana periodontal. (12) En 1942, Suzuki realizó un trabajo de ionoforesis (paso de una corriente eléctrica sobre la piel), con nitrato de plata y amonio en el cual un dispositivo era capaz de medir la resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la mucosa oral, descubriendo que en perros la resistencia eléctrica entre un instrumento insertado en el conducto y un electrodo aplicado a la membrana de la mucosa oral registraba un valor constante de 6.5 kV. En 1962, Sunada examinó este principio, realizó experimentos en pacientes. Diseñó un aparato utilizando un óhmetro con un electrodo conectado a un instrumento (lima) colocado dentro del conducto radicular y un instrumento aplicado en la membrana de la mucosa oral; a medida que el instrumento avanzaba dentro del conducto y hasta el momento que registraba 40 Amperes, la punta del instrumento se encontraba precisamente tocando el ligamento al nivel del foramen apical. En sus resultados explicó que era necesario introducir el instrumento a través del foramen apical para obtener medidas exactas. De esta manera se eliminarían variables que podrían generar medidas erróneas. Así pudo llegar a la conclusión de que la resistencia eléctrica entre la mucosa oral y el periodonto era constante, sin importar la edad del paciente, la forma o tipo de diente. En 1987, Huang describió que este principio no es una característica biológica, sino un principio físico. (12,13)

Lonue en 1973, basado en el concepto de que la resistencia eléctrica entre la mucosa oral y el periodonto son constantes, realizó modificaciones que permitieron incorporar el uso de sonidos relacionando estos a la profundidad de los conductos. Mediante este principio de resistencia eléctrica (medida de la oposición que un conductor presenta al paso de una corriente eléctrica) surgieron los aparatos de 1ª generación, entre los cuales se encontraban el Endometer (Dent-O-Tronics). (14)

Uno de los localizadores más populares de los 70's y 80's, el “Sono Explorer” (Unión Broach, New York, NY) fue desarrollando utilizando estas modificaciones. En un estudio clínico se demostró que era inexacto para determinar la longitud de trabajo al ser comparado con la sensación táctil corroborando estos resultados mediante radiografías. (12)

Para 1975, nuevas unidades fueron apareciendo en el mercado. Se hicieron modificaciones en los circuitos, haciéndolos más compactos y fáciles de utilizar. Sin embargo, esta generación de localizadores bajo el principio de “resistencia eléctrica”, provocaron a menudo mediciones incorrectas, sobre todo en presencia de electrolitos, exudado, tejido pulpar, o en presencia de una excesiva hemorragia. (12,14)

Entre los localizadores de primera generación podemos mencionar: Root Canal Meter (Onuki Medical., Tokio, Japón), el cual fue desarrollado en 1969. Endodontic Meter y el Endodontic Meter S II (Onuki medical Co.), los cuales usaban una corriente de menos de 5 MA. Dentometer (Dahlin Eletromedicine, Copenhague, Dinamarca) Endo Radar (Electrónica Liarre, Imola, Italia). Cuando la punta del instrumento colocado dentro del conducto toca el vértice del mismo, el valor de la resistencia es de 6.5 kilo ohms (corriente de 40 mA). A menudo el paciente sentía dolor debido al paso de corriente generado por el aparato. (14)

SEGUNDA GENERACIÓN: LOCALIZADOR APICAL DEL TIPO IMPEDANCIA

Una nueva generación de localizadores fue desarrollada a finales de 1980 para mejorar las deficiencias encontradas en los localizadores de resistencia eléctrica. Esta generación utilizó el principio de “impedancia”, el cual consiste en un mecanismo eléctrico donde la impedancia más alta se encuentra en la constricción apical, basado en la teoría de que: “el conducto radicular, al ser un tubo largo hueco, desarrolla una impedancia eléctrica que sufre un descenso brusco a nivel de la unión demento dentina (UCD) y que, en consecuencia, puede medirse eléctricamente”. Sin embargo, se cuestionó que este principio pudiese aplicarse a un sistema de conductos con complicaciones anatómicas. Basado en este postulado físico distinto, se comercializaron los localizadores electrónicos de ápice de segunda generación. Hasegawa en 1979 presentó el Endocater® el cual uso una onda de alta frecuencia de 400 kHz para la realización

de la medición; mediante la utilización de un electrodo el cual estaba conectado a una lima y el otro se encontraba conectado a la silla. Este dispositivo tenía la capacidad de hacer una correcta medición en presencia de fluidos dentro del conducto, usando una lima con una cubierta especial (no podía ser utilizado en conductos estrechos) gracias a un capuchón de plástico colocado en unas sondas especiales, pero éste se deterioraba y se trababa en la entrada del conducto. Ushiyama en 1983 introdujo el método del gradiente de voltaje, mediante el cual se utilizaba un electrodo concéntrico bipolar que media la corriente densamente evocada en un área limitada del conducto. El máximo potencial era obtenido cuando el electrodo se encontraba en la constricción apical. El método de la frecuencia de los valores relativos, determinaba la localización de la constricción apical mediante el cálculo de la diferencia entre los dos potenciales directos por unos filtros cuando una onda rectilínea de 1kHz, fuera aplicada dentro del conducto. (12)

El Apex Finder y el Endo Analyzer (Analytic/ Endo. Orange. CA, EU) combinan un localizador apical con un vitalómetro pulpar, se autocalibran con un indicador visual, pero sus reportes de precisión no son muy buenos. Fouad comparó las estimaciones de la longitud de trabajo tomadas con el Apex Finder y mediante el método radiográfico, encontraron que este aparato tenía una exactitud del 67% (± 0.5 mm del ápice radiográfico). En un estudio en el cual las determinaciones de la longitud de trabajo obtenidas con el Apex Finder se compararon con mediciones anatómicas directas; encontraron un 20% de coincidencia entre las mediciones, mientras que un 53% de las mediciones no alcanzaban la verdadera longitud de trabajo por lo que se hablaba de longitud de trabajo corta. (15)

El Digipex (Mada Equipment Co., Carlstadt, Nueva Jersey) tiene un indicador digital visual de LED (Light Emitting Diodo) y un indicador audible, este aparato requiere calibración. Posteriormente se introdujo el Digipex II y III, los cuales combinaban un localizador apical con probador de vitalidad pulpar. Czerw y cols en 1995 encontraron que Digipex II es igual de confiable que el Root zx en estudios *In Vitro*. (15)

El Exact-A-Pex (Ellman Internacional, Hewlett, Nueva Cork) tiene una pantalla gráfica de barras de LED (luz) y un indicador de audio. En un estudio *in vivo* determinó que

este localizador apical tiene una precisión del 55% (+/- 0.5 mm agujero apical). El Foramatron /V (Parkell Dental, Farmingdale, Nueva York) tiene una luz de LED centelleante y una pantalla digital de LED, no requiere ningún tipo de calibración. Este aparato utiliza corriente alterna e impedancia para medir la distancia entre la punta de la lima y el foramen apical. Los estudios sobre la precisión de las determinaciones electrónicas de este aparato encontraron que en un 65% de los casos eran exactas (+/- 0.5 mm del ápice radiográfico). En otro estudio solamente el 32% de los casos las lecturas coincidían con el ápice radiográfico y en 36% de los casos se quedaban cortos. La ventaja de este aparato es que es pequeño, liviano y económico. Los fabricantes de este localizador apical recomiendan el uso de este aparato en conductos secos, libres de hipoclorito de Sodio o de cualquier material electrolítico. (15)

TERCERA GENERACIÓN: LOCALIZADORES DE FRECUENCIA-DEPENDIENTES

Para lograr entender el principio en que se basan los localizadores apicales de tercera generación se requiere una breve introducción. En condiciones normales, el componente reactivo facilita el flujo de corriente alterna, en mayor magnitud para las frecuencias superiores. Por lo tanto, cuando se transmiten dos corrientes alternas a través de un tejido se impedirá con mayor magnitud el paso de la corriente de menor frecuencia. El componente reactivo de un circuito puede modificarse, por ejemplo, cuando cambia de posición la lima dentro del conducto, cuando esto ocurre las impedancias (oposición al paso de corriente) que ofrece el circuito a corrientes de diferente frecuencia cambiarán entre sí. Este es el principio en que se basa el funcionamiento de los localizadores apicales de tercera generación.(12)

La impedancia de un determinado circuito puede ser modificada por la frecuencia del flujo de corriente, por esta razón a este tipo de dispositivos se los denominan dependientes de frecuencia. Es importante recalcar que lo que miden estos dispositivos es la impedancia y no la frecuencia, estas magnitudes relativas de las impedancias se convierten en información de longitud, se ha propuesto el uso del término impedancia comparativa ya que explica mejor el funcionamiento de estos localizadores apicales.(14)

Esta generación de localizadores apicales es muy similar a la segunda generación con la diferencia que los de tercera utilizan múltiples frecuencias para determinar la distancia que se encuentra el foramen apical. Estos aparatos tienen poderosos microprocesadores en su interior, por medio de los cuales procesan los coeficientes matemáticos y se realizan los cálculos logarítmicos exactos para obtener lecturas más estables. A principios de 1990, en un esfuerzo por obtener un aparato que fuese capaz de proporcionar mediciones más precisas del sistema de conductos radiculares se introducen los localizadores de frecuencia-dependientes. Estos utilizan una tecnología más avanzada midiendo las diferencias de impedancia entre dos frecuencias. Los diferentes puntos de un conducto tienen una impedancia diferente entre las frecuencias altas y las bajas. Sin embargo, según va penetrando la lima en el conducto esta diferencia aumenta y alcanza su valor máximo a nivel de la unión cemento-dentina. En 1990, Yamashita, describió un aparato que calculaba las diferencias entre dos impedancias a partir de dos frecuencias distintas y generadas a partir de una misma fuente de poder. Este aparato es capaz de dar una medida exacta del conducto radicular aún en presencia de electrolitos dentro del conducto. El Endex debe ser calibrado varios milímetros del foramen apical en cada conducto radicular. El método proporcional mide simultáneamente bajo el concepto de impedancia eléctrica la diferencia entre dos frecuencias diferentes (1 KHz y 5 KHz), calculando el cociente de las impedancias, y expresando este cociente como una posición del electrodo (lima) dentro del conducto radicular. Esta medida se supone que es considerablemente afectada por la condición eléctrica dentro del conducto y puede ser realizada en conductos secos sin ninguna Los fabricantes recomiendan el uso del Apit o Endex en presencia de electrolitos (hipoclorito de Sodio o solución salina) dentro del conducto radicular. Cuando se vaya a utilizar este localizador apical en retratamientos se recomienda retirar todo el material de relleno del conducto radicular para determinar de forma electrónica la longitud de trabajo. El fabricante señala que el tamaño del instrumento endodóntico no afecta la lectura del localizador apical. Endex o Apit funciona por medio de baterías, emite una corriente alterna baja que no produce incomodidad en el paciente. Este localizador magnifica los últimos 3 mm del conducto en la pantalla donde mediante un medidor análogo indica la posición en la cual se encuentra el instrumento endodóntico. (12)

La zona de la constricción apical se encuentra marcada con el color verde y una alarma pulsante que va aumentando la frecuencia de sonidos emitidos, indica que uno se aproxima a la constricción apical. La alarma se vuelve continua cuando uno llega al foramen apical y la aguja del monitor análogo se encontrará en la línea roja. Se han realizado múltiples estudios sobre la fidelidad de Endex o Apit, donde en promedio se determinó una precisión del 81% (+/- 0.5 mm del foramen apical). (12)

El localizador apical Neosono Ultima EZ (Satelec Inc.; Mont. Laural, Nueva Jersey) en el hemisferio Sur es conocido como DatApex (Dentsply Maillefer, Baillaigues, Suiza). Es el sucesor de la línea de localizadores apicales Sono-Explorer. Este aparato utiliza múltiples frecuencias para determinar la longitud del conducto radicular ya sea húmedo o seco. El Ultima-Ez incorpora una gráfica del conducto radicular que muestra la posición de la lima en el conducto y también tiene un dispositivo de audio para indicar la localización del instrumento. (12)

El Apex Finder AFA (all fluid allowed o permite todos los líquidos) (EIE Analytic Endodontics 2002) el fabricante dice que este aparato utiliza cinco frecuencias y emplea en su sistema de funcionamiento los principios de impedancia comparativa dentro de su circuito electrónico. Este localizador se auto calibra y puede realizar mediciones en presencia de electrolitos en el conducto. Tiene una pantalla de cristal líquido que indica la distancia de la punta del instrumento respecto del agujero apical a incrementos de 0.1 mm, también posee un indicador de audio de repique. La pantalla tiene una barra gráfica que indica el estado del conducto, de esta manera permite al usuario mejorar las condiciones de éste para lograr una correcta medición. (12)

Pommer y cols en el 2002 compararon las mediciones con el Apex Finder y el método radiográfico y encontraron que el 86% de las puntas de las limas se encontraban 0.5-1mm del ápice radiográfico. En los estudios se encontró que este aparato solo puede detectar la constricción apical en el 76.6% de los conductos necróticos y en el 93.9% en conductos vitales. Otro estudio realizado in vivo donde cementaban la lima en el conducto y luego se extraía el diente se encontró que la lima se encontraba en el foramen menor solo en 34.4% de los casos.(12)

El Justwo o el Justy II (Toesco toei Engineerin Co. /Medidenta, Woodside, Nueva York y Japón), es un dispositivo que utiliza frecuencias de 500 y 2000 Hz, utiliza un método de valor relativo; el aparato detecta dos potenciales eléctricos que corresponden a dos impedancias distintas dentro del conducto radicular, estos dos valores son convertidos en valores logarítmicos y se sustrae el uno del otro, el resultado de esta operación matemática activa el medidor. El fundamento del localizador apical Justwo es similar al del Root Zx Figura 1. El medidor análogo y el indicador de audio despliegan la posición de la punta del instrumento dentro del conducto. Este aparato puede funcionar correctamente en presencia de electrolitos. Los estudios reportan que este tipo de localizador tiene una precisión del 82.4% para determinar la localización del área entre el foramen menor y el foramen mayor.(12)

En 1991, Kobayashi describió el método de división, "método de la proporción" para medir los conductos radiculares, y este es la base del mecanismo del Root X (J. Morita Corp., Tustin, California, USA), es un localizador de frecuencia dependiente o de tercera generación que mide simultáneamente la impedancia del conducto utilizando dos frecuencias distintas (.04 KHz y 8 KHz) calculando el coeficiente de impedancia y expresa este cociente en términos de posición de la lima dentro del conducto. Este proceso prácticamente no es afectado por la presencia de irrigantes dentro del conducto. Una de las ventajas de este dispositivo consiste en que no es necesario calibrar este aparato cada vez que es utilizado debido a que posee un microprocesador que es capaz de hacerlo automáticamente. El coeficiente calculado es expresado como la posición de la lima dentro del conducto. De acuerdo al manual del operador la marca de 0.5 de este dispositivo indica que la punta de la lima está en la constricción apical. Muchos autores usaron la marca de 0.5 para determinar la longitud de trabajo porque ha sido reportado que la longitud de trabajo deberá establecerse en la constricción apical. Sin embargo, la existencia de una constricción apical pudiera ser más conceptual que real por qué menos de la mitad de los dientes tienen una "única tradicional" constricción apical. Sin embargo, seguida la ausencia de constricción apical está presente particularmente con patologías apicales y resorción apical. (12)

La unidad central del Root ZX®, posee una pantalla de cristal líquido en la que podemos detectar visual y acústicamente el avance de la lima en el conducto, en la base tiene distintos sensores para ajustar la barra de constricción apical, el tipo de sonido y el volumen del mismo, funciona con pilas convencionales. Consta además de dos electrodos, el gancho labial y el agarra limas, unidos por un conector. No necesita calibración, es automático, el microprocesador del aparato corrige el cociente calculado; así la posición de la punta de la lima y la lectura del contador son directamente relacionadas.(13)

El Root ZX es el parámetro de comparación de otros localizadores apicales y tiene el 95% del mercado mundial. Se le ha estudiado en múltiples ocasiones y en diferentes situaciones, los resultados indican que tiene una precisión del 90% (+/- 0.5 mm del foramen apical), otros estudios dicen que tiene una precisión del 100% cuando se aceptan valores de 1 mm respecto a la constricción apical.(13)

Al Root ZX lo modificaron e incorporaron una pieza de mano para determinar la longitud de trabajo en los casos que se utilicen limas rotatorias. Comercialmente se lo conoce como Tri Auto ZX y Dentalport ZX. Los estudios reportan que tiene una precisión similar al Root Zx de 95%. El motor tiene algunas características de seguridad como auto reversa cuando la lima ha alcanzado la constricción apical. (13)

Existe una diferencia máxima de la impedancia entre electrodos según la frecuencia utilizada. Los diferentes puntos de un conducto tienen una impedancia diferente entre las frecuencias altas y las bajas. La parte coronal del conducto da una diferencia mínima entre estas dos frecuencias, sin embargo, según va penetrando la lima en el conducto esta diferencia aumenta y alcanza su máximo valor a nivel de la unión cemento - dentina. La exactitud de los localizadores de tercera generación ha sido establecida entre un 64.4 y 95%. (13)

LOCALIZADORES DE CUARTA GENERACIÓN

El Bingo 1020 (Forum Engineering Technologies, Rishon Lezion, Israel) es similar a los localizadores de tercera generación ya que utiliza dos frecuencias separadas, (0.4 KHz y 8 KHz) producidas por un generador de frecuencias variable. Sin embargo, a

diferencia de los localizadores de tercera generación, no utiliza ambas frecuencias al mismo tiempo, sino una frecuencia a la vez. Utilizar una sola frecuencia a la vez elimina la necesidad de utilizar filtros para separarlas. Esto previene la presencia de ruidos, inherentes a este tipo de filtros y de esta manera se incrementa la exactitud de la medición. Según sus fabricantes, el LEA Elements Diagnostic Unit (EDU), es un localizador de cuarta generación que se caracteriza por volver a los componentes primarios de los LEA (resistencia y capacitancia) y los mide directamente e independientemente durante su uso. Al combinar la resistencia y la capacitancia es capaz de obtener la misma impedancia. Sus fabricantes también afirman que este LEA utiliza múltiples frecuencias para compensar las condiciones del conducto sin realizar cálculos internos como las unidades de tercera generación. Por el contrario, todas las combinaciones de capacitancia y resistencia son calculadas en una base de datos dentro de la unidad, haciendo que la información reflejada en la pantalla sea más estable. (14)

Los estudios han reportado que el Bingo 1020 es igual de preciso que el Root X, es fácil de usar y es ideal para principiantes. Se ha introducido en el mercado dos localizadores iguales al Bingo 1020 que son el Raypex 4 y el Raypex 5. (Dentsply). (14)

En el 2003 se introdujo Elements Diagnostic Unit and Apex Locator (SybronEndo, Anaheim, CA, USA), es un aparato que tiene vitalómetro pulpar y localizador apical. El equipo no procesa la información de la impedancia como un cálculo de un logaritmo matemático como lo hacían los localizadores de tercera generación, sino que mide los valores de resistencia y capacitancia y los compara con los números que tiene en una base de datos. De esta manera determina la distancia a la que se encuentra un instrumento hasta llegar al ápice. Utiliza dos señales de 0.5 y 4 KHz. El fabricante asegura que se producen menos errores por medición y que es de alta precisión. (14)

ProPex (Dentsply) es un moderno localizador de ápice basado en tecnologías electrónicas innovadoras y en una amplia experiencia en el campo de la endodoncia. El enfoque multi frecuencia aplicado en el ProPex permite localizar el foramen apical en gran precisión en cualquier condición del conducto. ProPex ha sido diseñado teniendo en cuenta las necesidades prácticas del dentista. (16)

Entre las ventajas, que este presenta, encontramos: El diseño ergonómico del ProPex simplifica el uso del dispositivo. El ProPex se pone en funcionamiento con una batería recargable lo cual evita tener que cambiar de batería con frecuencia. El indicador de batería proporciona al dentista una visualización continua del estado de esta. La batería dura 12 h. Aviso de zona pre-apical. Aproximadamente 2-3 mm antes del ápice, ProPex le avisa de que se está acercando a la zona apical emitiendo 2 señales sonoras. A las señales sonoras de ProPex se añade una nueva pantalla con flechas parpadeantes horizontales. Zona apical, el zoom del ProPex, la imagen se divide al último milímetro apical en 10 segmentos, indicando el principio de la zona apical, aumentando la señal sonora a medida que llegamos al ápice.(16)

La diferencia de los localizadores electrónicos de tercera y cuarta generación (aunque tienen el mismo principio), radica en que los de cuarta generación tienen filtros para separar las diferentes frecuencias; y los de tercera generación, emiten diferentes frecuencias de forma alterna. (14)

LOCALIZADORES DE 5ª Y 6ª GENERACIÓN

Éstos no procesan la información de la impedancia, sino que miden los valores de resistencia y capacitancia, los comparan con los números que tienen en una base de datos. Utilizan dos tipos de corriente de 0,5 y 4 kHz.(12)

Algunos autores identifican los aparatos de 4ª generación que incorporan un procesador matemático en el localizador de foramen como una quinta generación.

La quinta generación de localizadores se diferencia del anterior en que incorporen un procesador matemático en el localizador del foramen. Mide la resistencia y la capacitancia y los compara con una base de datos para determinar su longitud. (aumentando conforme su uso). (12)

Dimitrov describió un nuevo instrumento llamado adaptativo clasificándolo como integrante de 6ª generación, sin tener características esencialmente diferentes a los localizadores anteriores. La medida con el localizador adaptativo, ha hecho posible eliminar la necesidad de la sequedad o la humectación del conducto, para alcanzar el alto nivel de precisión de la medida, aún en presencia de sangre, líquido de hipoclorito de sodio,

o al manipular conductos secos. Se inicia la producción de motores con localizador, sin embargo, no proporcionan lecturas tan exactas en conductos secos. (12,17)

1.3.1 LOCALIZADOR APICAL ELECTRÓNICO ROOT ZX MINI ®

Se han desarrollado versiones modificadas de Root ZX, incluido Root ZX mini (J Morita) (Fig. 1), que se basa en el mismo método de funcionamiento, pero tiene un tamaño compacto. Se ha informado que la precisión de este localizador apical electrónico está entre 93,4 y 95% y 56,2% en estudios *in vitro*.(16)

Sus características e instructivo se observan en (*Anexo 1*).



*Fig. 1. Localizador apical electrónico
Root ZX ® Mini*

1.3.2 LOCALIZADOR APICAL ELECTRÓNICO PROPEX PIXI ®

Es un localizador apical electrónico multifrecuencia de bolsillo. El método de funcionamiento de este dispositivo es similar a la impedancia de 2 frecuencias excepto que utiliza más de 2 frecuencias que miden el cambio rápido de impedancia a medida que se alcanza el foramen apical menor. La precisión de Propex Pixi ® *in vitro* que se informó en diferentes estudios eran 87–93% en el foramen apical, 63–67% 1 mm por debajo del foramen apical, y 80% en 0,5 mm del diámetro menor. (16,18)

Sus características e instructivo se observan en (Anexo 2).



*Fig. 2 . Localizador apical electrónico
Propex Pixi ®*

1.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS LOCALIZADORES ELECTRÓNICOS APICALES

Los estudios de bioimpedancia eléctrica (BIA) se basan en la estrecha relación que hay entre las propiedades eléctricas del cuerpo humano, la composición corporal de los diferentes tejidos y del contenido total de agua en el cuerpo. (19)

La conductividad eléctrica es la capacidad de un cuerpo de permitir el paso de la corriente a través de Si mismo. Mientras que el funcionamiento de los localizadores se basa en el hecho de la conductividad eléctrica de los tejidos apicales es mayor que la conductividad dentro del sistema de conductos.

El funcionamiento se basa en el circuito eléctrico, el cual, está formado por tres elementos fundamentales:

1. Una fuente (E) de fuerza electromotriz (FEM), que suministra la energía eléctrica necesaria en volts.
2. El flujo de una intensidad (I) de corriente de electrones en amperes.
3. Existencia de una resistencia o carga en ohms, conectada al circuito, que consume la energía que proporciona la fuente de fuerza electromotriz y la transforme en energía útil. (17)

En cuanto al tipo de corriente eléctrica, existen dos tipos. La corriente continua circula siempre en un solo sentido, es decir, del polo negativo al positivo de la fuente de fuerza (FEM) que la suministra. Esa corriente mantiene siempre fija su polaridad, como es el caso de las pilas, baterías y dinamos. Mientras que, la corriente alterna, se diferencia de la continua en que cambia su sentido de circulación periódicamente, y, por lo tanto, su polaridad. Esto ocurre tantas veces como frecuencia en Hertz (Hz) tenga esa corriente, la más empleada en la industria y es también la que consumimos en nuestros hogares.

La resistencia eléctrica es toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. El ohm es la unidad de medida de la resistencia. Para medirla se utiliza un Óhmetro. Por lo tanto, la resistencia de las sustancias puede ir de prácticamente cero ohmios, llamados superconductores, a varios millones, llamados aislantes. (19)

Cuando hablamos de una corriente alterna aparecen otros factores que se suman a los valores de resistencia y entonces se habla de impedancia. Para obtenerla se aplica la siguiente fórmula: Impedancia = resistencia + reactancia.

La reactancia es el valor de la oposición al paso de la corriente alterna que tienen los condensadores (capacitores) y las bobinas (inductores). Cuando en un mismo circuito se tienen estos elementos combinados, es decir, resistencias, condensadores y bobinas, y por ellas circula corriente alterna, la oposición de este conjunto de elementos al paso de la corriente alterna se llama impedancia. (19)

El principio físico de la bioimpedancia consiste en la oposición que ofrece un tejido biológico al paso de la corriente eléctrica alterna. Los parámetros bioeléctricos que se estiman son: la resistencia eléctrica (R) la reactancia inductiva (XL) y la reactancia capacitiva, que se determinará dependiendo de los tejidos conductores y tejidos aislantes. La impedancia al igual que la resistencia también se mide en Ohmios (Ohms). (19)

Por lo tanto, tendremos una relación entre la frecuencia y la impedancia, ésta dependerá de qué clase de reactancia tiene la impedancia. La reactancia la tendremos de dos formas, reactancia inductiva y reactancia capacitiva. La primera ocurre cuando aumenta la frecuencia, la reactancia disminuirá en la misma proporción. Mientras que la reactancia capacitiva, cuando aumenta la frecuencia, la reactancia disminuye en la misma proporción. Cuando disminuye la frecuencia la reactancia aumenta. (19,20)

Siendo así, el ligamento periodontal y mucosa de clase de reactancia inductiva y el conducto radicular como reactancia capacitiva.

Los conductos radiculares están rodeados por dentina y cemento que son aislantes de la corriente eléctrica. Sin embargo, en el foramen apical mayor hay un pequeño agujero en el cual los materiales conductivos dentro del conducto están eléctricamente conectados al ligamento periodontal que es conductor de corriente eléctrica. El material resistivo del conducto (dentina, tejido, fluidos) con una resistividad particular forman un resistor; y su valor depende de la longitud, corte de la sección transversal y la resistividad de los materiales. Si una lima endodóntica penetra dentro del conducto y se aproxima al término del mismo, la resistencia entre la punta del instrumento y la porción apical del conducto disminuye, porque la longitud efectiva del material resistivo dentro del conducto también disminuye.(21)

La estructura del diente tiene propiedades resistivas y capacitivas. La lima con una superficie de área específica es un lado de un capacitor y el material conductivo afuera de la dentina (ligamento periodontal), la otra parte del capacitor. El tejido y fluidos dentro del conducto, así como también el cemento y la dentina de la pared del conducto pueden considerarse como separadores de las dos placas conductivas y determinan una constante dieléctrica; estas estructuras forman un capacitor complejo. (21)

2 JUSTIFICACIÓN

Uno de los principales pasos para obtener el éxito endodóntico es determinar una correcta longitud de trabajo. Esta nos ayudará a realizar una limpieza, conformación y obturación deseada del conducto radicular, por lo que es indispensable obtener la exactitud del CDC.

Existen diversos métodos para lograr establecer una longitud de trabajo, como la sensación táctil, mediante humedad sobre puntas de papel, método radiográfico; sin embargo, estos métodos no determinan una especificidad del CDC debido a ciertas limitaciones como una imagen bidimensional, por lo que se recomienda el uso de localizadores apicales. Ciertas ventajas que podemos obtener con su uso son una medición más exacta y confiable, lo que dará al paciente un tratamiento con mejor pronóstico, además es un procedimiento rápido el cuál proporcionará menor exposición a radiación tanto para el paciente como el personal médico, dando la ventaja de poder utilizarlo en pacientes embarazadas y en niños cuando la toma de una radiografía puede ser complicado. Puede detectar perforaciones dentro del conducto radicular, determinar el nivel de fracturas horizontales, por lo que se interpreta que el uso del localizador apical es favorable tanto para el paciente como para el operador.

Actualmente existen diferentes localizadores apicales en el mercado los cuales han sido modificados a lo largo del tiempo, teniendo una facilidad constante y superior, sin embargo se requiere conocer el localizar apical que posea mayor efectividad para determinar una longitud de trabajo deseada.

2.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué localizador apical presentará mayor precisión para lograr establecer una longitud de trabajo, Localizador Experimental (Kerr®), Root ZX® mini o Propex® Pixi?

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la exactitud de tres localizadores apicales. Localizador Experimental Kerr®, Root ZX® mini y Propex® Pixi. Estudio *In vitro*.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la longitud de trabajo con Localizador Experimental Kerr®, Root ZX® mini y Propex® Pixi.
- Comparar la longitud de trabajo de los tres localizadores apicales mediante microscopio electrónico de barrido.

4 HIPÓTESIS

Hipótesis de investigación (Hi): El localizador apical electrónico experimental (Kavo Kerr) determina mayor exactitud que los localizadores Root ZX® mini y Propex® Pixi.

Hipótesis nula (Ho): El localizador electrónico experimental (Kavo Kerr) no determina mayor exactitud que los localizadores Root ZX® mini y Propex® Pixi.

5 METODOLOGÍA

5.1 LUGAR DE REALIZACIÓN

- Laboratorio de Preclínica de la Maestría en Endodoncia, Facultad de Estomatología, U.A.S.L.P.
- Laboratorio de Microbiología de la Maestría en Endodoncia, Facultad de Estomatología, U.A.S.L.P.
- Doctorado de Ciencias Odontológicas, Facultad de Estomatología, U.A.S.L.P.

5.2 DISEÑO DEL ESTUDIO

Experimental *In vitro*.

Tipo de Estudio: Analítico transversal prospectivo.

5.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN

5.3.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Piezas dentales con ápices completamente formados.
- Piezas dentales unirradiculares.
- Piezas dentales de conducto único.

5.3.2 CRITERIOS DE NO INCLUSIÓN

- Piezas dentales con conductos calcificados.
- Piezas dentales con raíces curvas.
- Piezas dentales con reabsorciones internas o externas.
- Piezas dentales con tratamiento de endodoncia.
- Piezas dentales con instrumentos fracturados.
- Piezas dentales con perforaciones.

5.3.3 CRITERIOS DE ELIMINACIÓN

- Piezas dentales fracturadas al momento de realizar acceso o al corte para observación al microscopio.

5.4 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

5.4.1 INDEPENDIENTE

Variable	Clasificación	Definición conceptual	Definición operacional	Escala
Tipo de localizador apical electrónico	Categorica nominal	Instrumento electrónico capaz de medir, a través de aplicaciones de corriente eléctrica, la longitud de la pieza dental.	Un instrumento electrónico capaz de medir a través de aplicaciones de corriente eléctrica, la longitud de la pieza dental. Tomando como referencia anatómica la cúspide de la corona y el límite cemento dentina conducto (CDC).	Grupo 1: Experimental Kerr® Grupo 2: Root ZX® mini Morita® Grupo 3: Propex® Pixi Dentsply®

5.4.2 DEPENDIENTE

Variable	Clasificación	Definición conceptual	Definición operacional	Escala
Longitud de trabajo	Continua de razón	Distancia entre los puntos de referencia, coronal y apical.	Colocación de la lima manual, tomando como referencia la cúspide de la corona (vestibular o palatina), hasta el límite apical, restando 0,5 mm.	Milímetros (mm)

5.5 MUESTREO

Muestreo aleatorio simple.

5.6 TAMAÑO DE LA MUESTRA

Muestra de 60 conductos radiculares, calculada mediante la estimación del Coeficiente de Interrelación Interclase, teniendo como valores de concordancia:

- Nivel de confianza: 95%
- Desviación estándar: 0,7
- Error máximo tolerable: 0.05

5.7 NÚMERO DE GRUPOS

Tres grupos:

Grupo 1: Experimental Kerr®

Grupo 2: Root ZX® mini Morita®

Grupo 3: Propex® Pixi Dentsply®

5.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis estadístico con el software Minitab 18, donde se realizó la prueba la prueba de Normality Test (Kolmogorov – Smirnov) en donde se determinó la normalidad de los datos y posterior a ello, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para determinar si hay una diferencia significativa entre los datos obtenidos para cada uno de los diferentes sistemas evaluados tomando un valor de $p=0.05$.

5.9 CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente estudio se realizará en las instalaciones de la Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, siguiendo todos los procedimientos y lineamientos de bioseguridad, bajo el apoyo y supervisión de los profesores responsables del proyecto. Se trabajará de acuerdo al Artículo 78, 79 y 80 del Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Investigación para la salud con Grado de riesgo I.

Se realizará el actual proyecto de investigación con el compromiso de aplicación de las normas internacionales a los procedimientos clínicos y de laboratorio, según la ISO 15189.

El manejo de residuos biológicos infecciosos y ambientales se realizará de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002, que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención médica.

El manejo de las normas de bioseguridad se ejecutará mediante el protocolo establecido por el Laboratorio de microbiología de la Facultad de Estomatología de la U.A.S.L.P. , el Doctorado de Ciencias Odontológicas de la Facultad de Estomatología de la U.A.S.L.P. y la Clínica de Cirugía de la Facultad de Estomatología de la U.A.S.L.P.

Debido a la situación que se presenta actualmente, de acuerdo con la OMS, la bioseguridad frente al SARS-CoV-2 implica higiene de manos con técnica adecuada, uso de equipo de protección personal (EPP) como mascarilla, guantes, lentes o protectores faciales y gorro, esterilización y desinfección de los equipos médicos, limpieza y desinfección del ambiente

La fuente de financiamiento será aportada por Becas Nacionales CONACYT, con No. CVU 1107474, además de financiamiento personal en caso de ser necesario.

6 PLAN DE TRABAJO

6.1 PREPARACIÓN DEL MODELO EXPERIMENTAL

Se recolectaron las piezas dentales según el número de muestra calculada y los criterios de selección señalados. Posterior, se limpiaron las muestras utilizando hipoclorito de sodio al 1% y se almacenaron en formalina al 10%. Se realizó la cavidad de acceso correspondiente de las piezas dentales para su posterior esterilización. Se realizó aleatorización simple de las muestras para su utilización en la fase experimental.



Fig. 3. Radiografía para selección de muestras.



Fig. 4. Cavidad de acceso de las piezas dentales.

6.2 FASE EXPERIMENTAL

6.2.1 ELABORACIÓN DEL HIDROGEL

Para lograr aumentar la conductividad del sistema y crear un medio similar a los tejidos periodontales, se elaboró un hidrogel de red entrecruzada de PVA (polialcohol vinílico) y PAA (poliácido acrílico). Se preparó la solución de PVA al 4% en peso. Para ello, se pesó 4 gr de PVA y se agitó con un agitador magnético hasta su homogenización. Se incremento la temperatura hasta los 60°C con la ayuda de una parrilla de calentamiento.

Posterior, se agregó 21 gr de ácido acrílico (AA) y 2.334 gr de hidróxido de sodio, el cual, se utilizó como neutralizante. Se mantuvo la solución en agitación constante y se

añadió el iniciador 0.21gr (Vazo 64). El iniciador, una vez activado, tendrá la capacidad de romper el doble enlace, y permitió la unión por medio de los monómeros de AA mediante la polimerización por radicales libres, generando una red Inter penetrada, aumentando significativamente la temperatura y viscosidad del medio. Instante, don de el agente entrecruzante es incorporado (0.217 gr de metilenbisacrilamida), generando una red tridimensional con estabilidad mecánica. Por último, realizaron lavados con agua desionizada, para la eliminación de monómeros residuales.

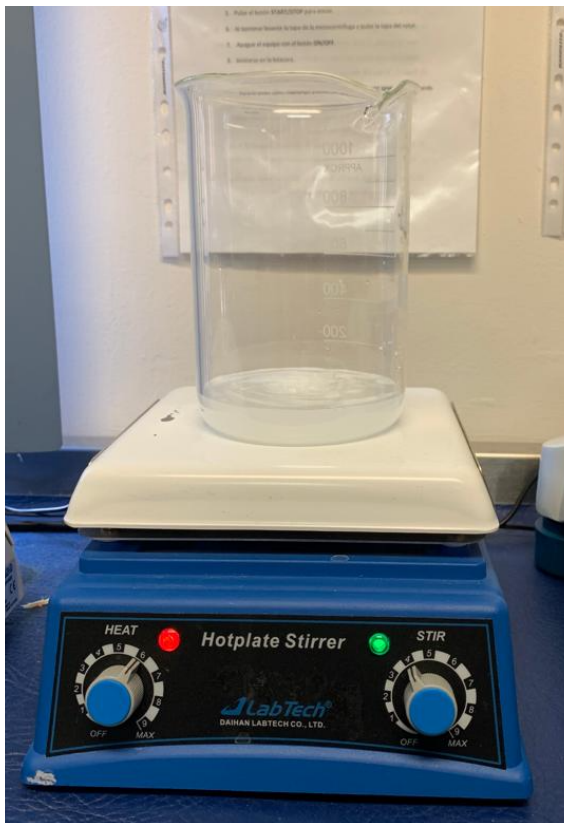


Fig. 5. Agitador magnético con solución PVA.

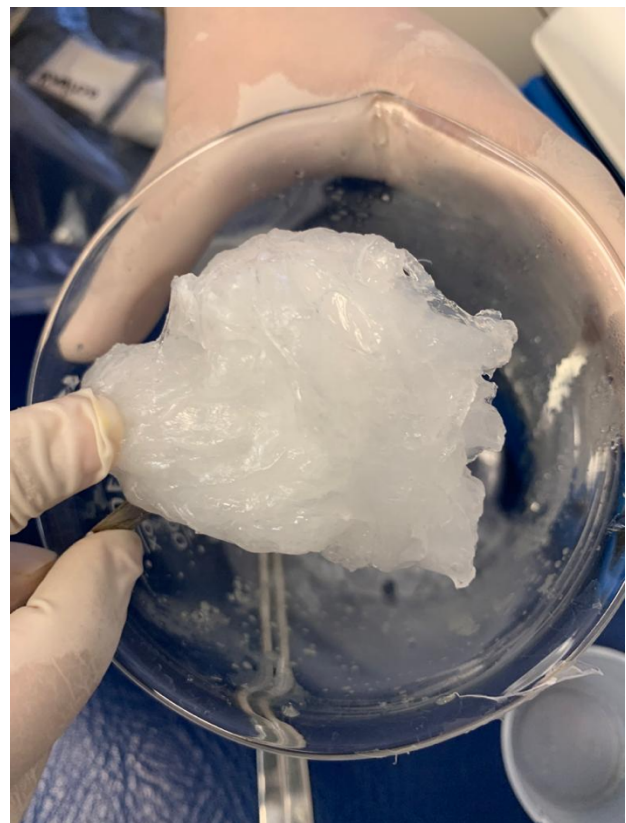


Fig. 6. Hidrogel de PVA/PAA.

6.2.2 FASE EXPERIMENTAL

Se colocaron las piezas dentales en el medio de hidrogel de PVA/PAA. Posterior, por medio de limas K, de acuerdo al ajuste apical de cada pieza, se insertó en el conducto, previamente colocado el gancho incluido del localizador a emplear. Se insertó el clip a la lima y se situó la lima utilizada hasta que el localizador marcó OVER/APEX. Se retiró la lima hasta que el localizador marcó 0.5. Posterior, se registraron los milímetros (mm) de acuerdo a la muestra utilizada y localizador apical empleado.

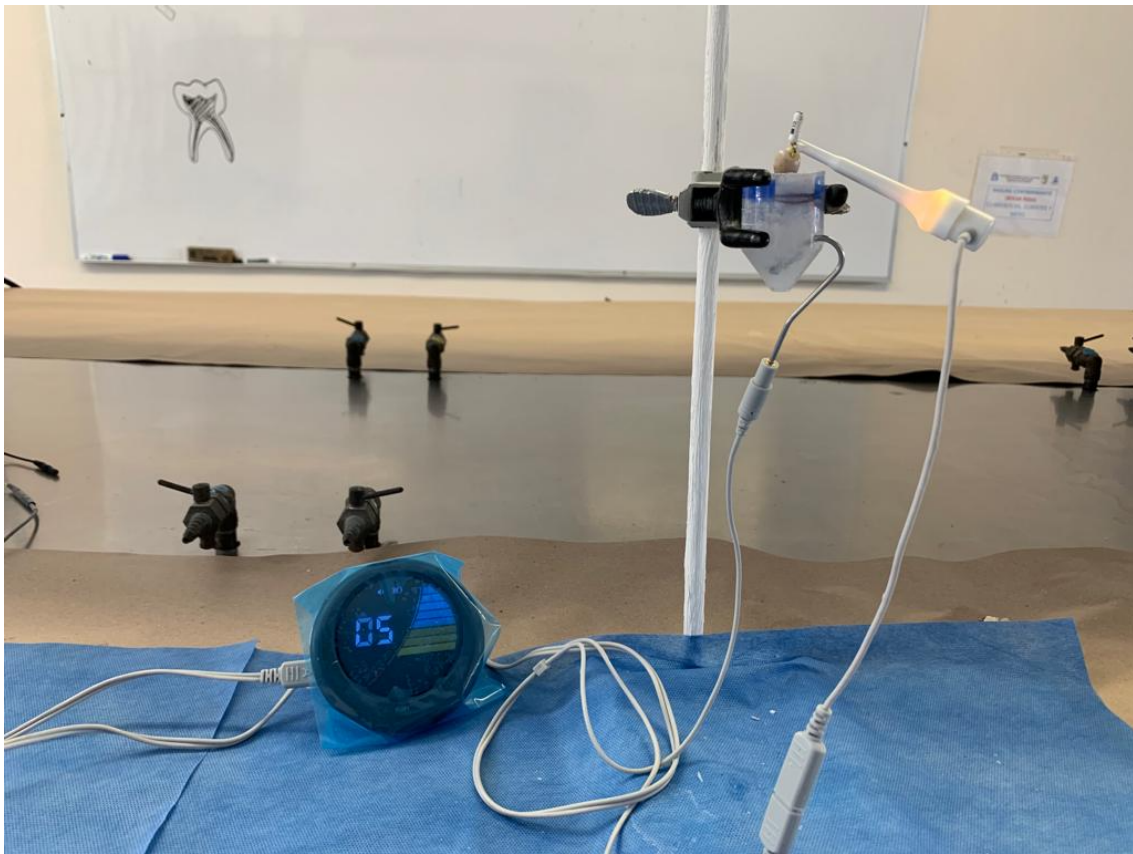


Fig. 7. Toma de odontometría con localizador electrónico apical Kerr®.

Se cambió de localizador apical de acuerdo a la aleatorización realizada anteriormente. Se insertó el clip y gancho del localizador apical asignado para su posterior registro en milímetros (mm) de la lima empleada.

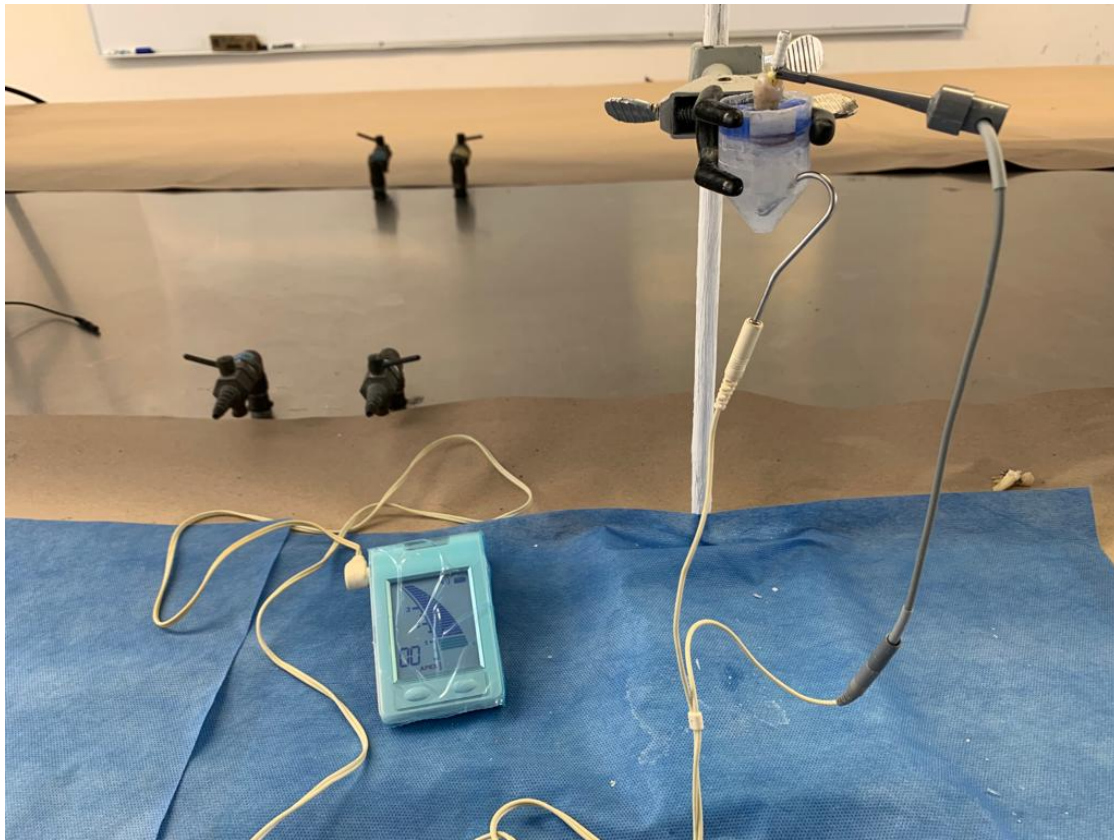


Fig. 8. Toma de odontometría con localizador apical electrónico Root ZX® mini.

Se utilizó el tercer localizador indicado de acuerdo a la aleatorización de las muestras, insertando, de igual forma, gancho y clip al medio de hidrogel de PVA/PAA previamente hinchado en solución salina y la lima. Se fijó el tope a la lima con cianocrilato, para su posterior observación al microscopio electrónico de barrido.

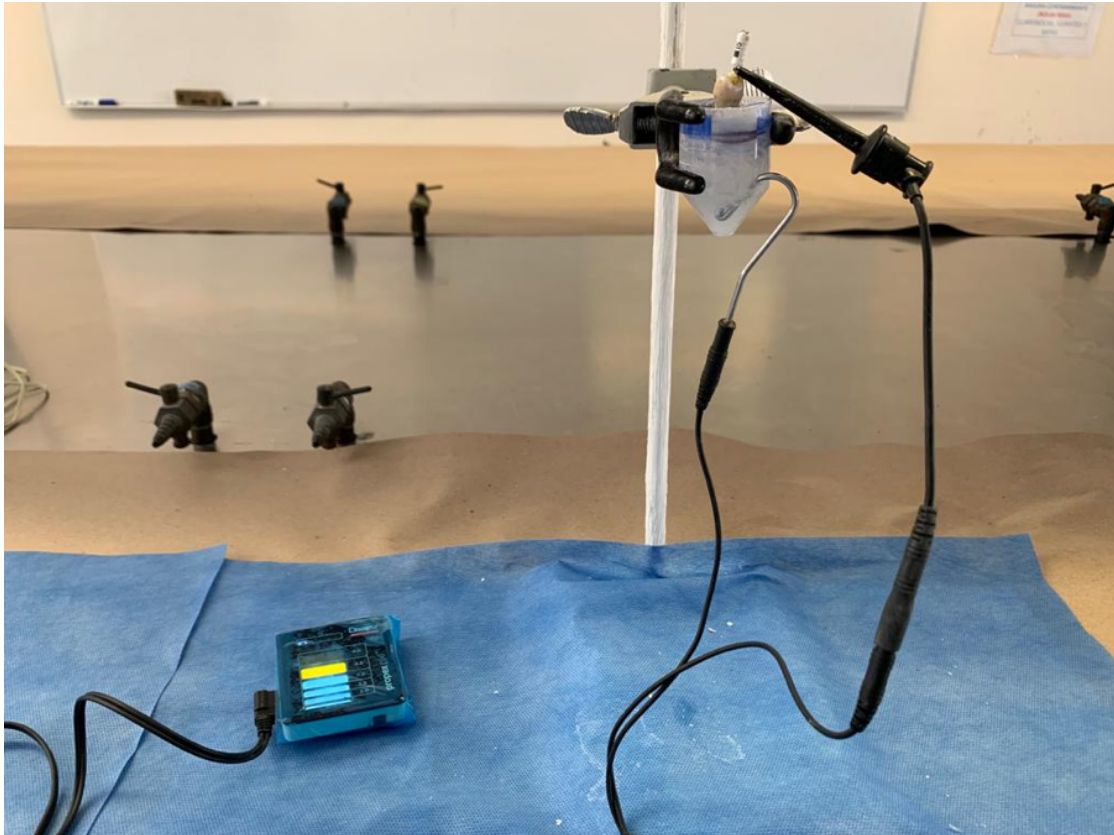


Fig. 9. Toma de odontometría con localizador apical electrónico Propex® Pixi.

Por lo tanto, se tomaron tres registros de odontometría por pieza dental, resultando el tercer localizador utilizado y la lima empleada, lo que se observó al microscopio electrónico de barrido.

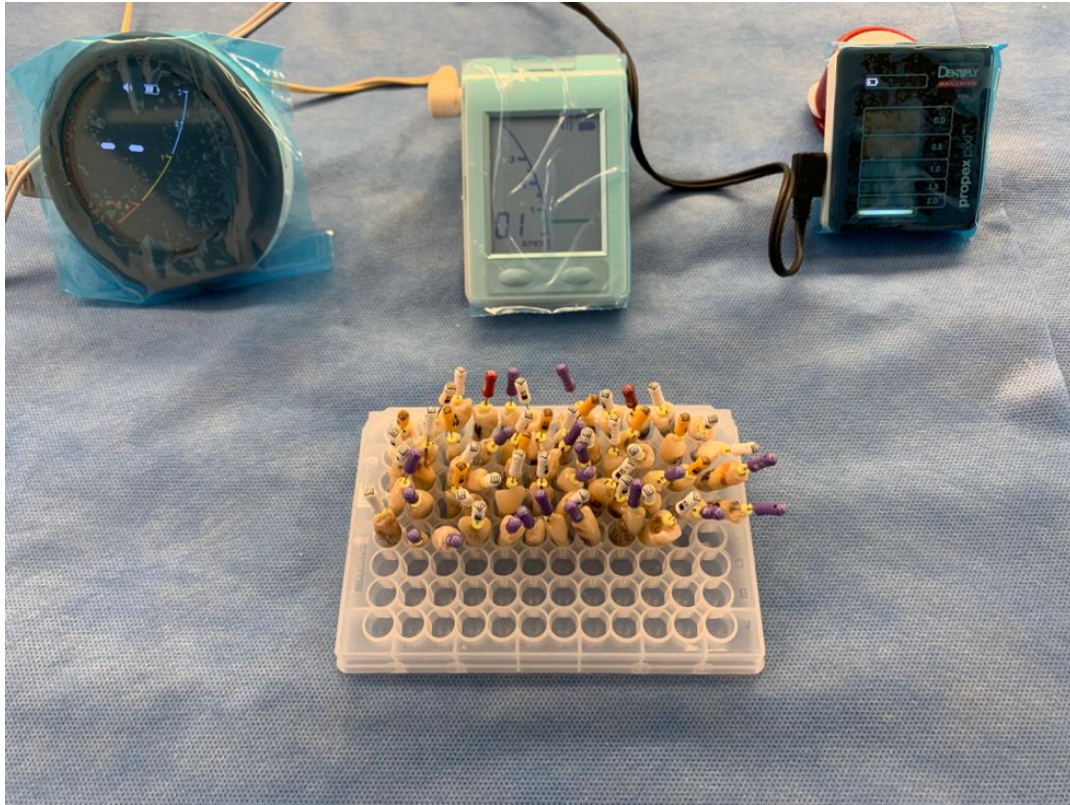


Fig. 10. Total de las muestras.

Se realizó el desgaste de las piezas dentales con fresa troncocónica de diamante y bisturí hasta lograr ver la lima con el fin de hacer observación microscópica. Se utilizó como técnica de caracterización el microscopio electrónico de barrido para realizar las medidas entre la punta de la lima y el foramen de la muestra. Finalmente, se realizó la comparación y evaluación de los resultados.

6.2.3 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA OBSERVACIÓN MEDIANTE MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (MEB)

Para realizar la observación al MEB, se prepararon las muestras introduciéndolas en baño de oro; en el cual, las muestras fueron colocadas y selladas con cinta de carbón en dispositivos de lectura con placas de doble carbón, para recubrirse en oro (Fine Coat On Sputter JFC-1100).

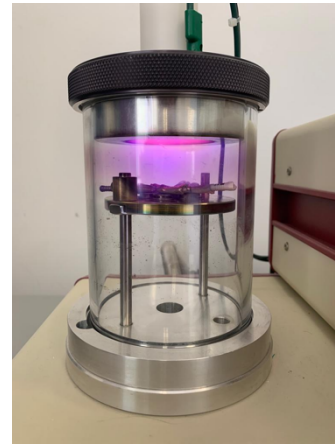


Fig. 11, 12. Fine Coat On Sputter JFC-1100

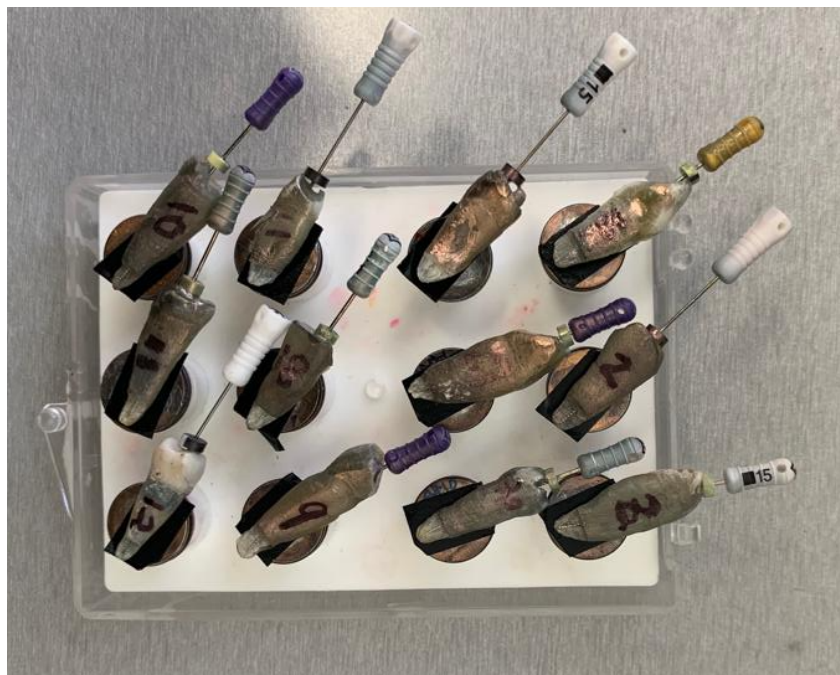


Fig. 13. Muestras recubiertas

7 RESULTADOS

7.1.1 OBSERVACIÓN MEDIANTE MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (MEB)

Como técnica de caracterización, se realizó la observación de las muestras mediante microscopio electrónico de barrido (MEB; *Jeol JSM-6510LV*, *Japón*). Las muestras fueron observadas bajo diferentes aumentos; variando desde 23x hasta 55x. Con el fin de obtener una mayor exactitud de la localización del punto mas estrecho del conducto radicular. Las micrografías más representativas de cada uno de los grupos pueden ser apreciada en las siguientes figuras, así como la Tabla 1.



Fig. 14. MEB; Jeol JSM-6510

Grupo A. Observación de tercio apical del conducto radicular en el que se utilizó localizador apical electrónico Kerr®

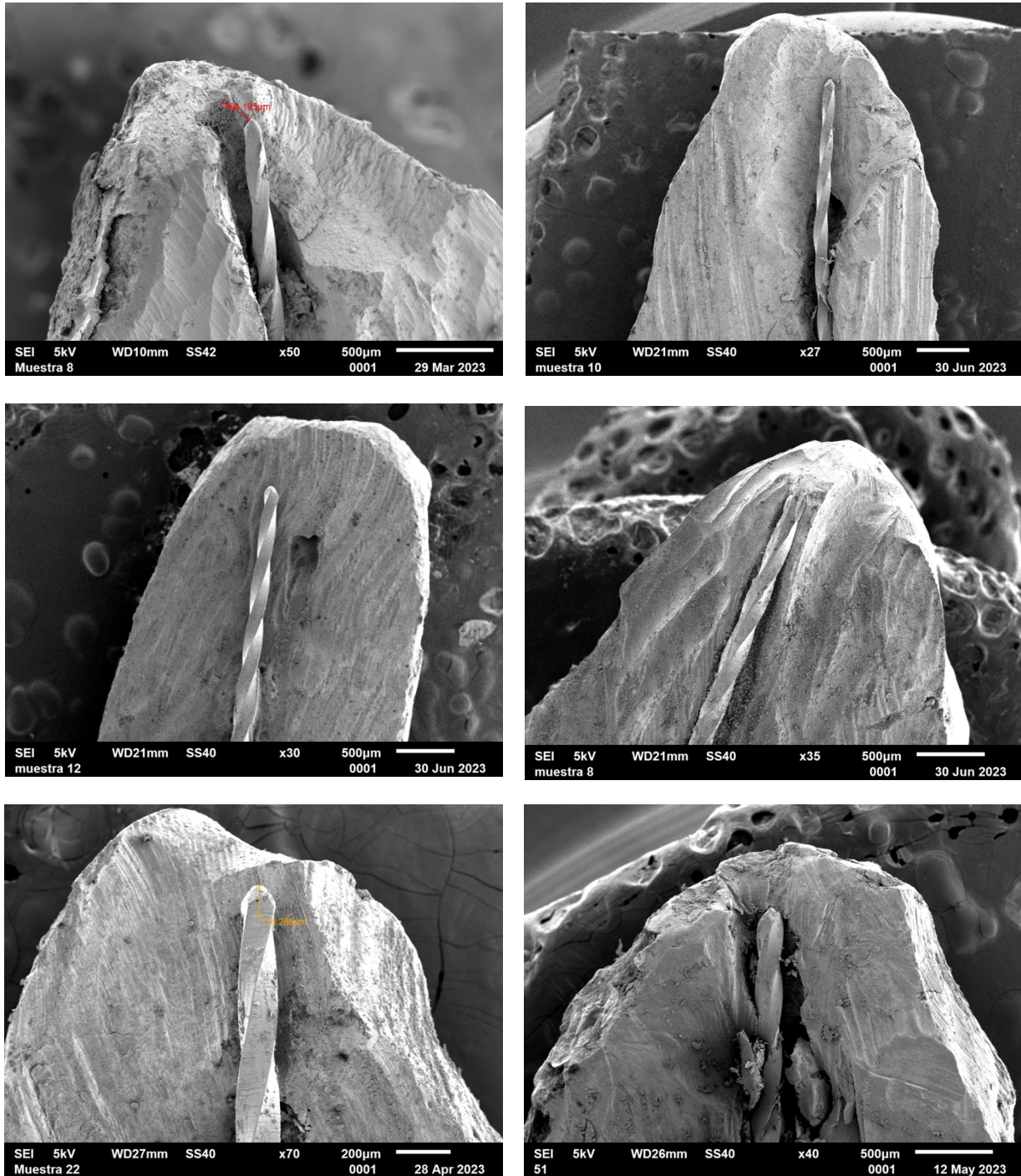


Fig. 15-20. Grupo A. Localizador apical electrónico Kerr®

Grupo B. Observación de tercio apical del conducto radicular en el que se utilizó localizador apical electrónico Root ZX® mini

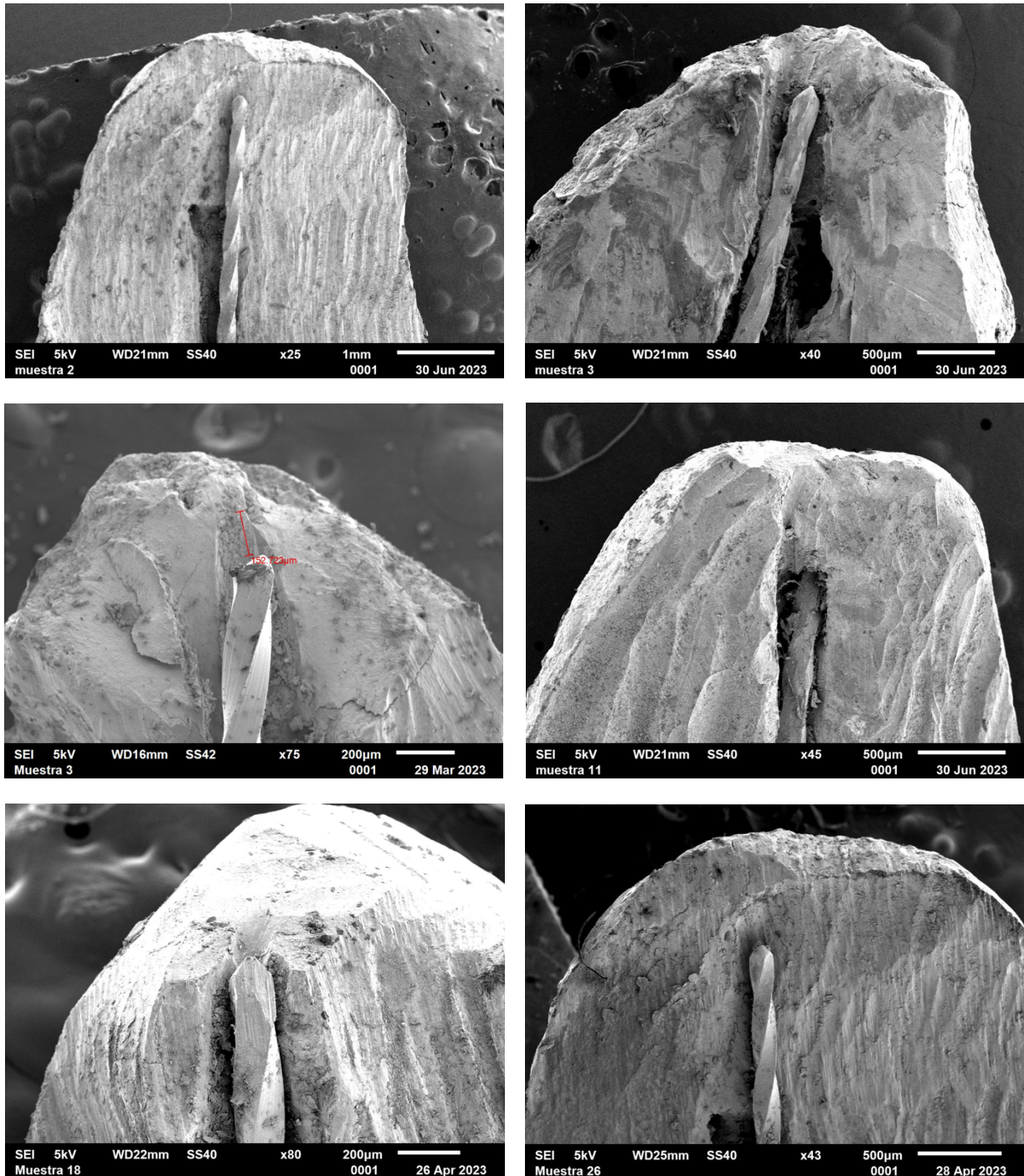


Fig. 21-26. Grupo B. Localizador apical electrónico Root ZX® mini

Grupo C. Observación de tercio apical del conducto radicular en el que se utilizó localizador apical electrónico Propex® Pixi

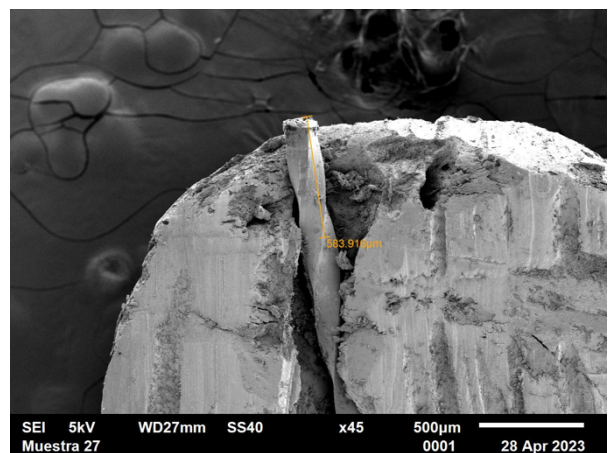
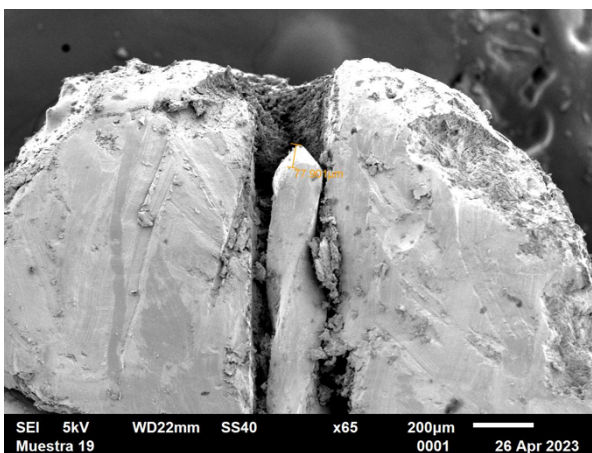
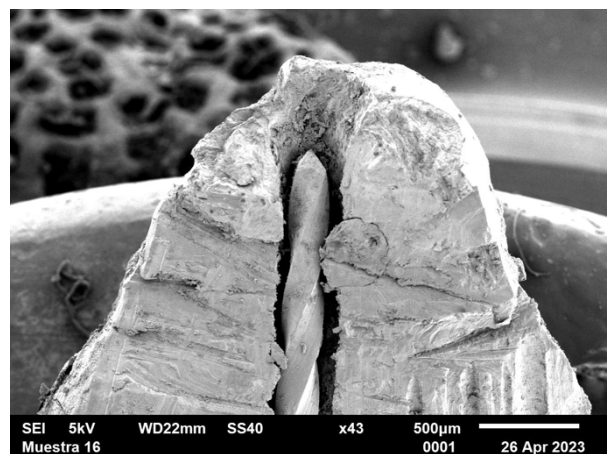
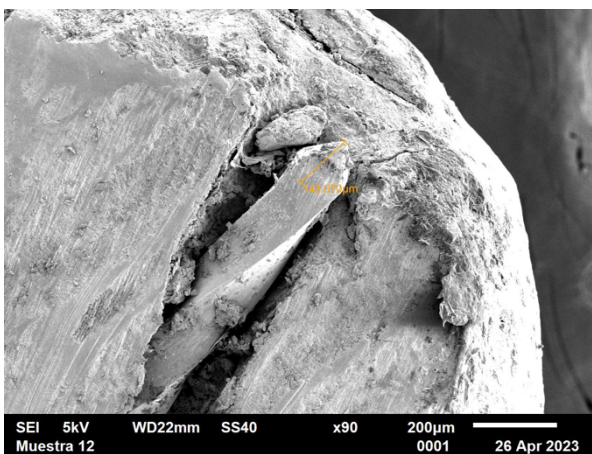
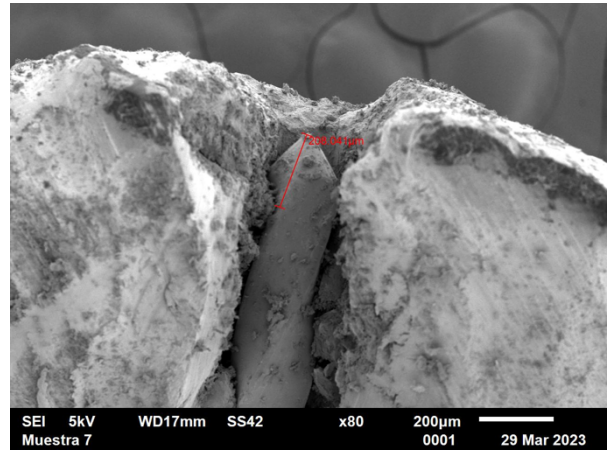
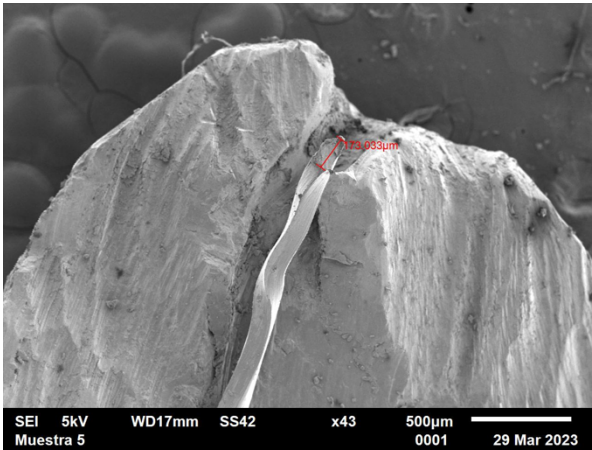


Fig. 27-32. Grupo C. Localizador apical electrónico Propex® Pixi

Tabla 1 Diferencia en el valor obtenido en la odontometría [mm].

Diente	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Diente	Grupo A	Grupo B	Grupo C
1	0.6400	0.6400	0.1400	31	-0.28312	-0.28312	0.21688
2	0.5753	0.5753	0.5753	32	0.71344	0.71344	0.71344
3	0.1527	0.1527	0.1527	33	0.28830	-0.21170	0.28830
4	0.9072	0.9072	0.9072	34	0.00000	0.00000	0.00000
5	0.1730	0.1730	0.1730	35	0.94501	0.94501	0.94501
6	0.0000	0.0000	0.0000	36	0.00000	0.00000	0.00000
7	0.2080	0.2080	0.2080	37	0.00000	0.00000	0.00000
8	0.1642	0.1642	0.6642	38	0.00000	0.00000	0.00000
9	0.5000	0.0000	0.5000	39	-0.07298	0.42702	-0.07298
10	0.8136	0.8136	0.8136	40	0.36237	0.36237	0.36237
11	1.3070	2.3070	1.3070	41	0.38783	0.38783	0.38783
12	0.1431	0.1431	0.1431	42	-0.13759	0.36241	-0.13759
13	0.7093	0.7093	0.7093	43	0.96381	0.96381	0.96381
14	0.5243	0.5243	0.5243	44	0.43734	-0.06266	0.43734
15	0.3534	0.3534	-0.1466	45	0.00000	0.00000	0.00000
16	0.0000	0.0000	0.0000	46	1.07700	1.07700	1.07700
17	0.1381	0.1381	0.1381	47	0.39001	0.39001	0.39001
18	0.0000	0.0000	0.0000	48	0.46819	0.46819	-0.53181
19	0.0779	0.0779	0.0779	49	0.42757	0.42757	0.42757
20	0.0000	0.0000	0.0000	50	0.63934	0.63934	0.63934
21	1.5280	1.5280	1.0280	51	0.00000	0.00000	0.00000
22	0.1143	0.1143	-0.3857	52	0.00000	0.00000	0.00000
23	0.0000	0.0000	0.0000	53	1.29800	0.79800	1.29800
24	0.4738	0.4738	-0.0262	54	0.35794	0.35794	0.35794
25	-0.3189	0.1811	0.1811	55	0.00000	-0.50000	-0.50000
26	0.0000	0.0000	0.0000	56	0.00000	0.00000	0.00000
27	0.5839	0.5839	0.5839	57	0.00000	0.00000	0.50000
28	0.6069	0.6069	0.6069	58	0.83595	0.83595	0.83595
29	0.0000	0.0000	0.0000	59	0.50000	0.50000	0.00000
30	-0.2831	-0.2831	0.2169	60	0.00000	0.00000	-0.50000

Posteriormente se realizó la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov, para determinar la normalidad de los datos. Para ello, se planteó la siguiente hipótesis nula: la muestra proviene de una distribución normal con una $\alpha=0.05$. Los resultados obtenidos se presentan en Figura 33, donde podemos obtener el valor de $p<0.010$. Y con base a ello, podemos rechazar la hipótesis nula y decir que los datos de las odontometrías no tienen una distribución normal por lo tanto la prueba estadística no paramétrica de Kruskal Wallis es realizado.

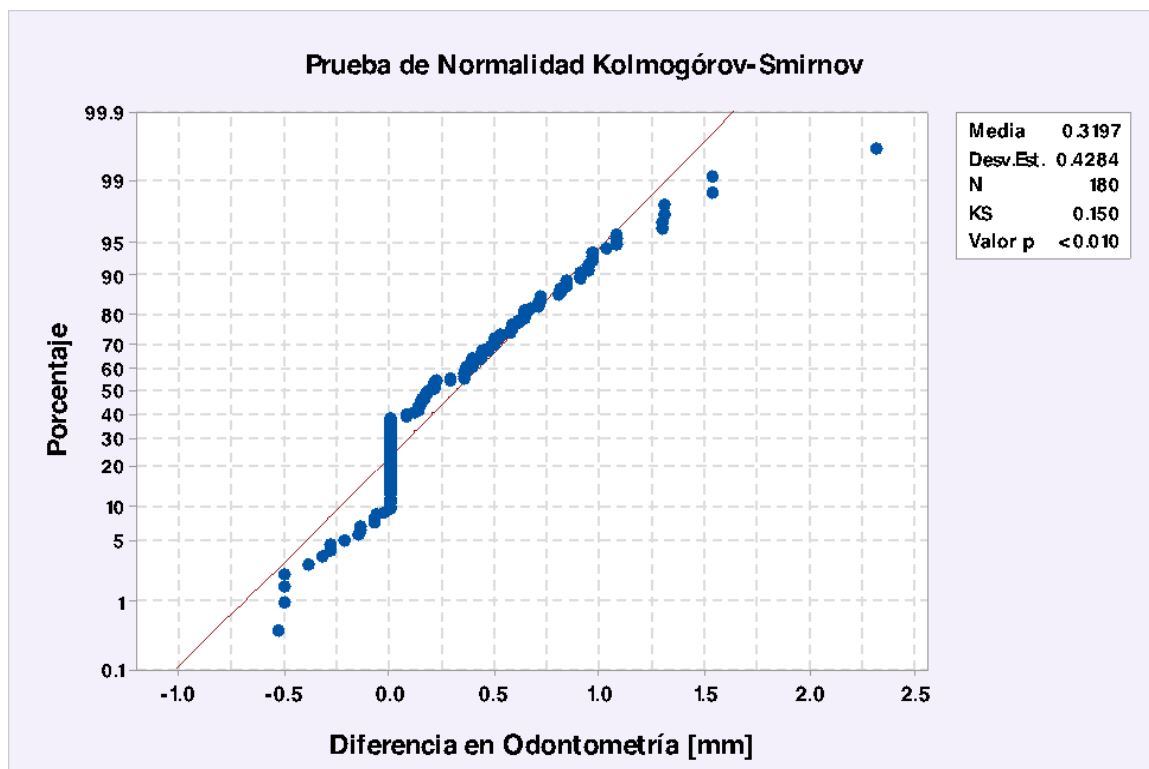


Fig. 33. Prueba estadística Kolmogorov-Smirnof

Posterior, se realizó la prueba estadística Kruskal Wallis para observar si existe una diferencia significativa entre los grupos. De acuerdo al valor de z , el grupo B es el que menos difiere ya que el resultado se acerca mas a 0, mientras que el grupo C es el que más difiere. Por lo tanto, el grupo B se considera el más exacto. Sin embargo, de acuerdo a la prueba estadística; no existe diferencia significativa entre los tres grupos.

Tabla 2 Prueba de Kruskal-Wallis: Estadística descriptivas

GRUPO	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
A	60	0.209430	92.5	0.36
B	60	0.194547	91.6	0.20
C	60	0.177043	87.4	-0.57
General	180		90.5	

Prueba

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales

Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	2	0.33	0.848
Ajustado para empates	2	0.34	0.845

Así mismo, se realizó gráfico de dispersión XY (Fig. 34); en el cual, se observa la diferencia de la odontometría de cada muestra en comparación con la longitud real. Y se distribuyó según zonas en las que se considera:

1. Zona 1: Odontometría en vértice
2. Zona 2: Odontometría dentro del rango 0.5 -1 mm
3. Zona 3: Odontometría dentro del rango >1-1.5 mm
4. Zona 4: Odontometría dentro del rango >1.5 – 2 mm

Con dichos rangos, se obtuvieron los respectivos porcentajes correspondientes a la zona de cada grupo. Los cuales se muestran en las siguientes gráficas de la Fig.35.

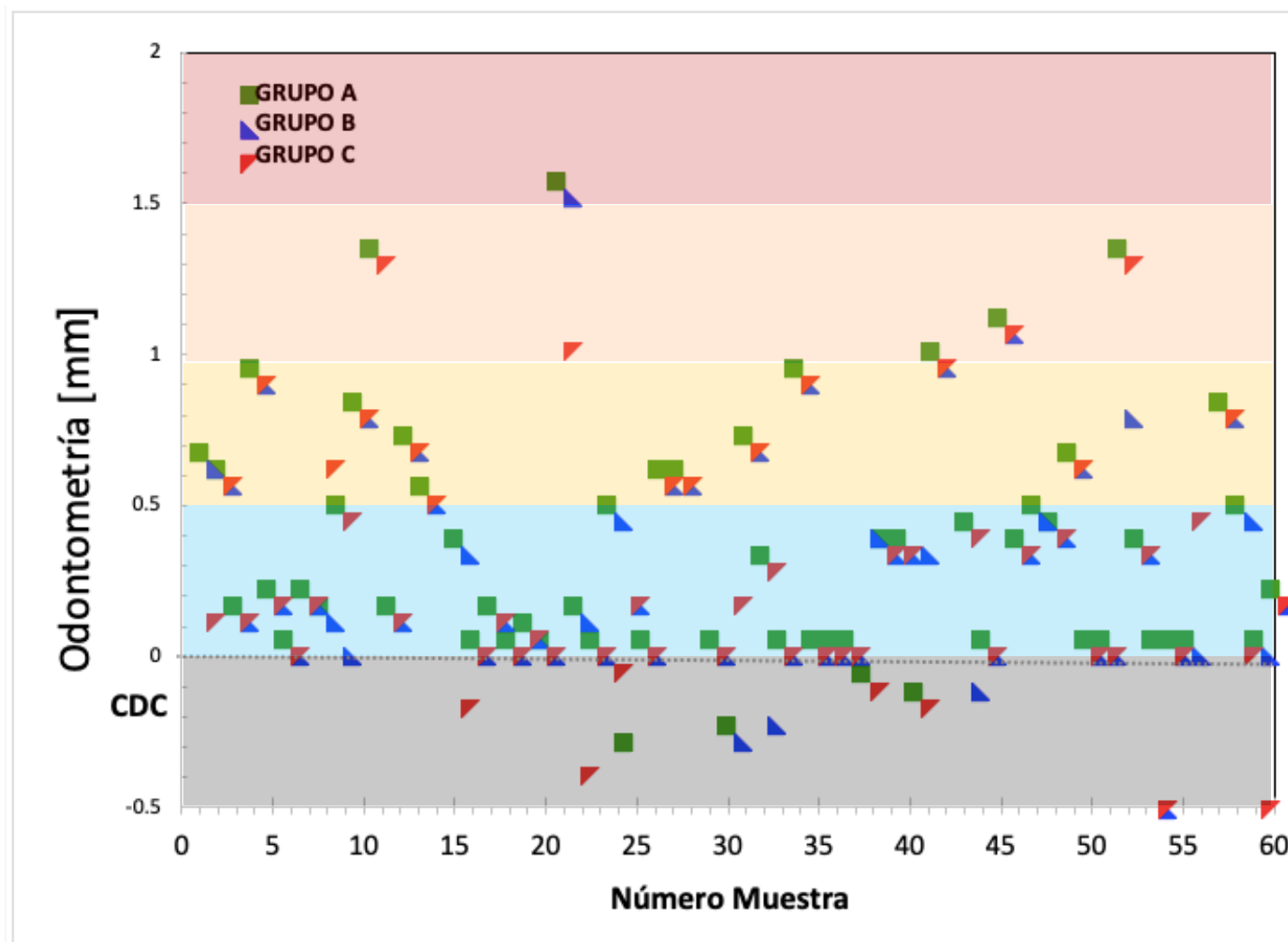


Fig. 34. Odontometría de los Grupos A, B y C

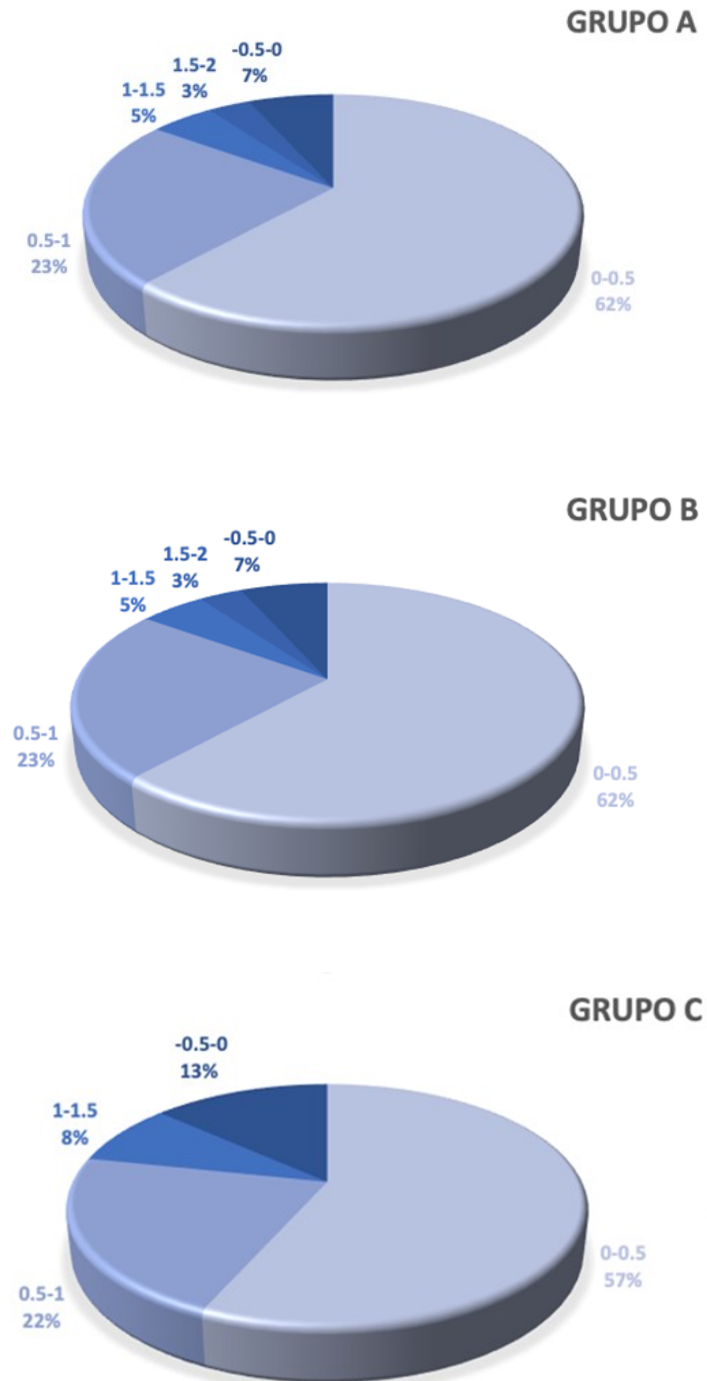
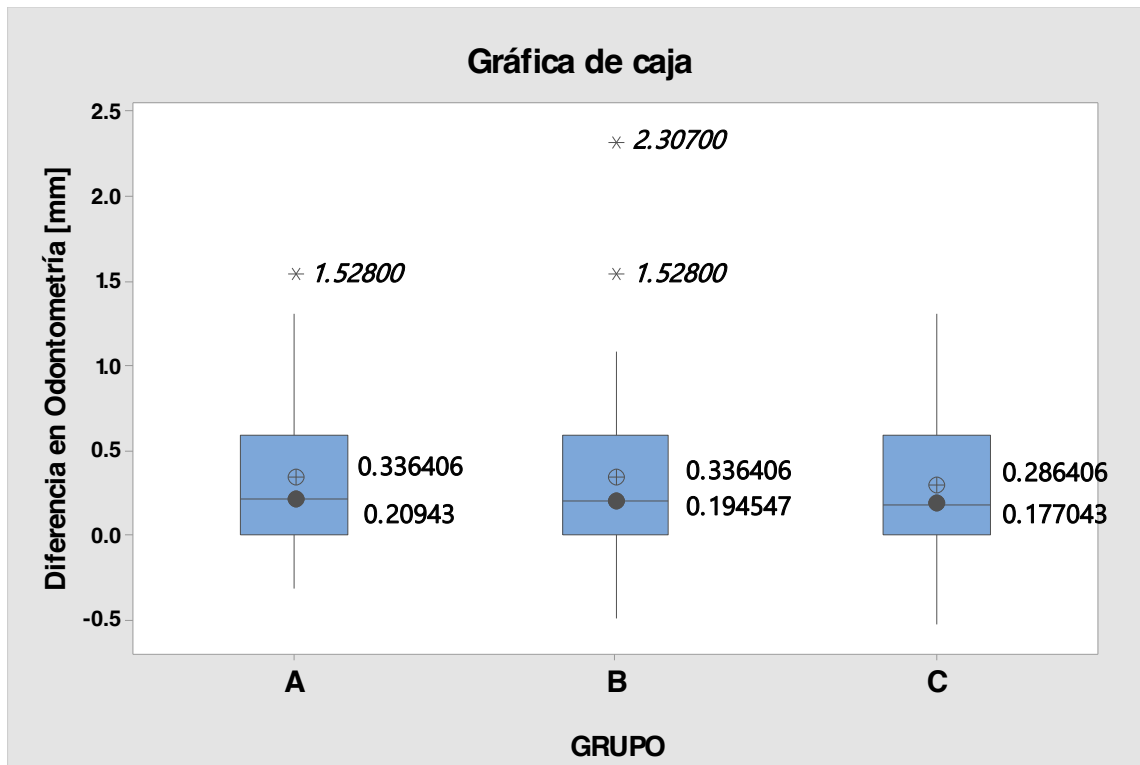


Fig. 35. Grafica de pasteles de cada uno de los % de las odontometrias en los diferentes rangos para cada uno de los grupos

Se realizó gráfica de caja en la que se interpreta que no existe una variabilidad entre los tres grupos, teniendo una N = 60 por cada grupo; la cual, representa el número de mediciones realizadas por cada localizador electrónico apical. Por lo tanto, se obtienen los siguientes valores :



	GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C
Q1	0	0	0
MEDIANA	0.209430	0.194547	0.177043
Q3	0.581774	0.581774	0.581774
RANGO INTERCUARTIL	0.581774	0.581774	0.581774
BIGOTES	-0.318947	-0.5;1.077	-0.531812; 1.307

8 DISCUSIÓN

El objetivo general del estudio es determinar la exactitud de tres localizadores apicales. Kerr®, Root ZX ® mini y Propex ® Pixi. Sin embargo, debemos comprender la importancia de la longitud de trabajo real; la cual, sigue siendo un factor pronóstico importante para el éxito de tratamiento del conducto radicular. (21,22)

La correcta determinación de la longitud de trabajo nos dará una adecuada desinfección microbiana, una correcta limpieza y conformación, y un sellado hermético del conducto radicular. (23) Obteniendo así, un tratamiento de conductos exitoso.

La evaluación radiográfica y los localizadores apicales electrónicos se utilizan en la práctica endodóntica clínica diaria para evaluar la longitud de trabajo mediante el uso de un enfoque diferente. Los métodos radiográficos nos permiten observar y estudiar directamente la anatomía del conducto radicular. Sin embargo, aún persisten las dificultades para localizar la constricción apical, ya que el clínico trata con una imagen 2D de un objeto 3D. (24) Además, las imágenes radiográficas del ápice también pueden oscurecerse debido a estructuras anatómicas y estructuras óseas densas. Los localizadores apicales electrónicos, por el contrario, definen la longitud de trabajo midiendo la impedancia con diferentes frecuencias entre la punta de la lima y el fluido del conducto. Esta es la razón por la que se considera que los localizadores apicales electrónicos son confiables, precisos y altamente reproducibles para ubicar el foramen apical principal, independientemente de la concentración de electrolitos. (25)

Por lo tanto, funcionan detectando la relación entre los valores de impedancia de dos o más frecuencias eléctricas diferentes aplicadas en el sistema de conductos radiculares. Los dispositivos actuales miden los efectos físicos en lugar de la resistencia del tejido; por lo tanto, es posible replicarlo en un entorno de laboratorio colocando el diente en un medio de inclusión conductor como alginato, gelatina o solución salina para imitar los tejidos periapicales(26), los cuales poseen 6,5 k Ω con un pH de 7,3. (27) Sin embargo, se ha evaluado que el alginato como medio para evaluar la exactitud de los localizadores apicales, ha sido el más aceptado con un 99.41%, de acuerdo con *Guerreiro y col.* (28)

El uso de hidrogeles para evaluar la exactitud de los localizadores apicales electrónicos, ha sido implementado ya que son materiales hidrofílicos entrecruzados con capacidad para absorber cantidades apreciables de agua sin disolverse en ella. En particular, los hidrogeles de alcohol polivinílico, PVA, presentan una estabilidad térmica en un amplio rango de temperatura, 173 a 473 K, baja densidad y excelente durabilidad. (29)

El efecto del agua en los hidrogeles de PVA permite disminuir su resistencia eléctrica y por tanto aumentar la conductividad del sistema.(29) Por lo tanto, la corriente fluirá predominantemente a través de materiales con conductividades más altas.(30)

De acuerdo al estudio realizado por *Iparraguirre y col.* (26); en el cual se determina la importancia del medio utilizado para evaluar la exactitud de tres localizadores apicales electrónicos. Obteniendo como resultados, que no existe diferencia significativa entre el medio de alginato e hidrogel. Además, se mencionan las ventajas del hidrogel, incluyendo que es más sencillo, rápido y cómodo en comparación con el alginato, ya que este último tiene que estar recién preparado y tiene un limitado tiempo de trabajo.

Cianconi y col.(31) informaron que, con el tiempo, el gel era más estable y no estaba influenciado por la temperatura o la humedad exterior en comparación con el alginato. El alginato podría considerarse como un medio de inclusión generalizado en la investigación de localizadores de ápices endodónticos *in vitro*. A diferencia de esta investigación, en la que se utilizó una red entrecruzada de hidrogel de PVA y PAA; se obtuvieron tres mediciones atípicas en los grupos A y B, los cuales muestran mayor exactitud, sin embargo; sin diferencia significativa.

Es por ello, que se determinan los siguientes factores que pueden influir en una lectura falsa del localizador apical electrónico en un estudio *in vitro*. Incluido el tipo de diente y la anatomía del conducto radicular, la obstrucción del conducto radicular, la permeabilidad apical, la ubicación del foramen apical, el tamaño del foramen apical, el ensanchamiento previo del conducto, la presencia o ausencia de soluciones de irrigación del conducto , tipo y tamaño del archivo de medición, y tipo de medio experimental. (24)

De acuerdo con *Abdelsalam y col.*, (32) Las lecturas inexactas en presencia de bloqueo en este estudio podrían atribuirse al principio operativo de los localizadores de ápice. Ambos localizadores de ápices miden la impedancia en el circuito eléctrico, con la diferencia de medir la impedancia a 2 frecuencias diferentes 0.5 y 4 kHz para Root ZX y a múltiples frecuencias para Raypex 6. El circuito eléctrico de localizador apical electrónico está completo cuando la corriente eléctrica pasa a través de la lima adjunta al clip, dentro del conducto radicular, luego fuera de la constricción apical hacia el periodonto, y finalmente a través de la mucosa en el clip en el labio del paciente. Hipotéticamente, si el foramen apical se obstruye con restos de dentina, se interrumpiría el flujo de la corriente a través de la lima aislada, recubierta por dentina y cemento dentro del conducto radicular. Esta hipótesis fue confirmada por el grupo control, que no logró registrar ninguna lectura con ambos localizadores de ápices debido al bloqueo completo de los 2 mm apicales con la resina compuesta. Por lo tanto, se puede atribuir la lectura falsa de las tres medidas atípicas a la falta de permeabilidad de las muestras y los restos de dentina en la porción apical, los cuales, hicieron función como aislantes.

Los puntos de referencia morfológicos de la región apical ilustran un problema de terminología particular en la investigación científica. Teóricamente, el término de un conducto radicular es donde el tejido pulpar o la dentina del conducto radicular termina apicalmente. Este punto de referencia se ha recomendado como punto final de los procedimientos de conformación y obturación del conducto radicular. (33) En consecuencia, este punto de referencia es donde se debe determinar la longitud de trabajo por medio de una radiografía o un dispositivo electrónico o una combinación de ambos métodos. Por lo general, el conducto radicular se estrecha constantemente desde la expansión coronal apical hasta formar el agujero fisiológico (constricción apical). Se considera que el agujero mayor está ubicado en la superficie de la raíz, mientras que el agujero fisiológico (agujero menor; constricción apical) se considera el diámetro más estrecho del conducto radicular ubicado en la unión cementodental aproximadamente 0,5 a 1 mm de distancia del ápice radiológico. Sin embargo, se ha informado que se observó una constricción apical en menos del 50% de los dientes

investigados y que el área del conducto radicular de cemento no solo tiene paredes cónicas sino también paredes paralelas. (33–35)

Además, dado que el CDC no se puede ubicar con precisión en las radiografías, existen argumentos que respaldan la terminación de la preparación en casos necróticos a 0,5 a 1 mm por debajo del ápice radiográfico y de 1 a 2 mm por debajo en casos que involucran pulpitis irreversible.(25)

De acuerdo al estudio de *Nasiri y col.*(36), determinan la información detallada de la localización de la consticción apical y el forámen apical, dependiendo de cada localizador. Mostrando así, que el localizador apical Propex ® Pixi marca “05” si la punta de la lima se localiza en la constricción apical y “00” en foramen apical. Mientras que Root ZX® mini marca para la localización de la constricción apical, en la línea media entre “1” y “APEX”, y para la localización del foramen apical marca la última barra verde. Por lo tanto, en este estudio se tomó como referencia esta indicación de muestra en pantalla de cada localizador, ya que el objetivo era lograr localizar la constricción apical de cada pieza dental.

Es importante considerar las características de cada localizador. Ya que el localizador apical electrónico Root ZX® mini es parte de la 3ª generación, utiliza el método de proporción midiendo la diferencia de los valores de impedancia en dos frecuencias (0,4 kHz y 8kHz). Mientras que el localizador apical electrónico Propex ® Pixi es un localizador apical electrónico que forma parte de la 5ª generación, opera con método de multifrecuencia y es capaz de determinar la longitud de trabajo en conductos secos o húmedos sin calibración. (37) Miden los valores de resistencia y capacitancia y los compara con valores que tiene en una base de datos, utiliza dos señales de 0,5 y 4 KHz, producen menos errores de medición y son de alta precisión.

Sin embargo, de acuerdo a diferentes estudios en donde comparan localizadores de tercera y quinta generación(37–41), no se observa diferencia significativa en la exactitud de los localizadores apicales. Por lo tanto, los localizadores apicales electrónicos de tercera generación; en este caso Root ZX® mini, es considerado uno de los más estudiados obteniendo una exactitud entre 97.2-97.5% en estudios *In vivo* (36,42).

Mientras que Propex® Pixi, presenta una exactitud de 85% según *Peña y col.*(16,36) De acuerdo al estudio de *Vaconcelos y col.*(41), Los índices de exactitud presentados por Root ZX® en este estudio fueron del 75 % ($\pm 0,5$ mm). A diferencia, en el presente estudio se obtuvo un índice de 62% ($\pm 0,5$ mm). Estos valores certifican la eficiencia del enfoque de medición Root ZX®, lo que confirma que la evaluación del cociente de impedancias de dos frecuencias medidas simultáneamente puede considerarse un método altamente confiable.

Se observó una exactitud del 66,7 % (± 0.5 mm) del Propex II®, el cual es de la quinta generación de localizadores apicales, al igual que Propex Pixi®. En el presente estudio, se obtuvo una exactitud de 57% (± 0.5 mm).

Tales diferencias pueden atribuirse a factores inherentes a estos estudios *In Vitro*, como el uso de un hidrogel electroconductor para simular los tejidos periodontales. De igual forma, se considera aumentar el número de muestras para obtener resultados más confiables.

9 CONCLUSIONES

Para determinar una longitud de trabajo real, es indispensable utilizar el método radiográfico como complemento del uso del localizador apical electrónico. Sin embargo, se considera necesario utilizar el localizador apical electrónico en la práctica clínica, debido a la variación que existe en la anatomía del conducto radicular.

En la presente investigación, no se observó diferencia significativa entre los tres localizadores (Kerr®, Root ZX® mini y Propex® pixi). Sin embargo, se logra observar que el localizador Kerr® y Root ZX® mini obtuvieron mayor exactitud en comparación con Propex® Pixi.

Los localizadores apicales Root ZX® mini y Propex® Pixi, han sido evaluados anteriormente. Sin embargo, se propuso evaluar el nuevo localizador apical Kerr®, el cual obtuvo resultados favorables.

Se considera importante, seguir con investigaciones de la exactitud de localizadores apicales electrónicos *In Vivo*.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Elayouti A, Connert T, Dummer P, Löst C. A critical analysis of research methods and experimental models to study working length determination and the performance of apex locators – A narrative review with recommendations for the future. Vol. 55, International Endodontic Journal. John Wiley and Sons Inc; 2022. p. 281–94.
2. Abdelsalam N, Hashem N. Impact of Apical Patency on Accuracy of Electronic Apex Locators: In Vitro Study. J Endod. 2020 Apr 1;46(4):509–14.
3. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study.
4. Schell S, Judenhofer MS, Mannheim JG, Hülber-J M, Löst C, Pichler BJ, et al. Validity of longitudinal sections for determining the apical constriction. Int Endod J. 2017 Jul 1;50(7):706–12.
5. Liang YH, Li G, Wesselink PR, Wu MK. Endodontic outcome predictors identified with periapical radiographs and cone-beam computed tomography scans. J Endod. 2011 Mar;37(3):326–31.
6. Campillo-Cortes C, Flores-Reyes H, Dávila-Pérez C, Silva-Herzog D, Méndez-González V, Pozos-Guillén A. Effectiveness of three electronic apex locators to determine root canal working length. Journal Oral Of Research. 2015 Jun 5;4(4):249–54.
7. Cohen S, Richard C.B. Pathways of the Pulp. 8th ed. California Mosby; 2002.
8. Kosta S, Chandwani N, Bopche P. Reliability of CBCT in working length determination for successful endodontic treatment- an in vitro study. International Journal of Orofacial Research. 2022 Dec 14;6(2):55–60.
9. Vanitha S, Sherwood IA. Comparison of three different apex locators in determining the working length of mandibular first molar teeth with irreversible pulpitis compared with an intraoral periapical radiograph: A block randomized, controlled, clinical trial. J Investig Clin Dent. 2019;10(3).
10. Gutmann JL, Endo C, Fiedl J, Faahd F, Abe D. Origins of the Electronic Apex Locator Origins of the Electronic Apex Locator-Achieving Success with Strict

- Adherence to Business [Internet]. Vol. 65, Journal of the History of Dentistry. 2017.
11. Elayouti A, Weiger R, Lö C. The Ability of Root ZX Apex Locator to Reduce the Frequency of Overestimated Radiographic Working Length. 2002.
 12. Gutmann JL, Endo C, Fiedl J, Faahd F, Abe D. Origins of the Electronic Apex Locator Origins of the Electronic Apex Locator-Achieving Success with Strict Adherence to Business. Vol. 65, Journal of the History of Dentistry. 2017.
 13. Manhas S, Lakra S, Mehak, Sharma A, Garg K, Arora G. Apex Locator - Booster to Dentist : Literature Review. Journal of Current Medical Research and Opinion. 2020 Jul 9;3(07).
 14. Gordon MPJ, Chandler NP. Electronic apex locators. Vol. 37, International Endodontic Journal. 2004.
 15. McDonald NJ, Hovland EJ. An Evaluation of the Apex Locator Endocater. Vol. 16. 1990.
 16. Serna-Peña G, Gomes-Azevedo S, Flores-Treviño J, Madla-Cruz E, Rodríguez-Delgado I, Martínez-González G. In Vivo Evaluation of 3 Electronic Apex Locators: Root ZX Mini, Apex ID, and Propex Pixi. J Endod. 2020 Feb 1;46(2):158–61.
 17. Soares IJ, Goldberg F. Endodoncia. Técnica y fundamentos. Médica Panamericana. 2002.
 18. Connert T, Judenhofer MS, Hülber-J M, Schell S, Mannheim JG, Pichler BJ, et al. Evaluation of the accuracy of nine electronic apex locators by using Micro-CT. Int Endod J. 2018 Feb 1;51(2):223–32.
 19. Entro Andaluz. Medicina del deporte Volumen C DE. Medicina del Deporte. Rev Andal Med Deporte [Internet]. 2011;4(4):167–74.
 20. Bioelectric impedance phase angle and body composition. 1988.
 21. Broon NJ, Cruz A, Palafox Sánchez CA, Andaracua García S. Principios, evolución y precisión de los localizadores electrónicos de Foramen Revisión de la Literatura.
 22. Elayouti A, Connert T, Dummer P, Löst C. A critical analysis of research methods and experimental models to study working length determination and the

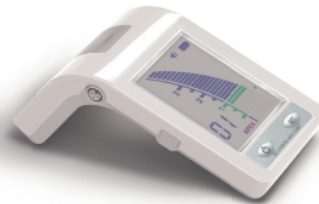
- performance of apex locators – A narrative review with recommendations for the future. Vol. 55, International Endodontic Journal. John Wiley and Sons Inc; 2022. p. 281–94.
23. De Camargo ÉJ, Zapata RO, Medeiros PL, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, et al. Influence of Preflaring on the Accuracy of Length Determination With Four Electronic Apex Locators. J Endod. 2009 Sep;35(9):1300–2.
 24. Godiny M, Hatam R, Safari-Faramani R, Khavid A, Rezaei MR. Influence of Apical Patency, Coronal Preflaring and Calcium Hydroxide on the Accuracy of Root ZX Apex Locator for Working Length Determination: An In Vitro Study . J Adv Oral Res. 2022 May;13(1):38–42.
 25. Keratiotis G, Kournetas N, Agraftioti A, Kontakiotis EG. A comparative evaluation of two working length determination methods. Australian Endodontic Journal. 2019 Dec 1;45(3):331–6.
 26. Iparraguirre Nuñovero MF, Piasecki L, Segato AVK, Westphalen VPD, Silva Neto UX, Carneiro E. A laboratory study of the accuracy of three electronic apex locators: influence of embedding media and radiographic assessment of the electronic apical limit. Int Endod J. 2021 Jul 1;54(7):1200–6.
 27. Wolf TG, Krauß-Mironjuk A, Wierichs RJ, Briseño-Marroquín B. Influence of embedding media on the accuracy of working length determination by means of apex locator: an ex vivo study. Sci Rep. 2021 Dec 1;11(1).
 28. Guerreiro-Tanomaru JM, Croti HR, Silva GF, Faria G, Tanomaru-Filho M. Tooth embedding medium influences the accuracy of electronic apex locator meio de imersão dental influencia a acurácia de localizadores apicais eletrônicos. Vol. 25, Acta Odontol. Latinoam. 2012.
 29. Londoño ME, Jaramillo JM. Comportamiento dieléctrico de hidrogeles de alcohol polivinílico obtenidos por la técnica congelamiento/descongelamiento dielectric behavior of poly(vinyl alcohol) hydrogels preparing by freezing/thawing technique. Vol. 78, Año. 2011.
 30. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference. Vol. 64, Am J Clin Nutr. 1996.

31. Cianconi L, Angotti V, Felici R, Conte G, Mancini M. Accuracy of three electronic apex locators compared with digital radiography: An ex vivo study. *J Endod*. 2010 Dec;36(12):2003–7.
32. Abdelsalam N, Hashem N. Impact of Apical Patency on Accuracy of Electronic Apex Locators: In Vitro Study. *J Endod*. 2020 Apr 1;46(4):509–14.
33. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *J Am Dent Assoc*. 1955;50(5):544–52.
34. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. 1988.
35. Siskin M, Vertucci FJ, Iu DD, Gainesville F. Root canal anatomy of the human permanent teeth.
36. Nasiri K, Wrbas KT. Accuracy of different generations of apex locators in determining working length; a systematic review and meta-analysis. Vol. 34, *Saudi Dental Journal*. Elsevier B.V.; 2022. p. 11–20.
37. Tufenkci P, Kalaycı A. Evaluation of the accuracy of different apex locators in determining the working length during root canal retreatment. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2020 Jun 17;14(2):125–9.
38. Somma F, Castagnola R, Lajolo C, Paternò Holtzman L, Marigo L. In vivo accuracy of three electronic root canal length measurement devices: Dentaport ZX, Raypex 5 and ProPex II. *Int Endod J*. 2012 Jun;45(6):552–6.
39. Betancourt P, Matus D, Javiera Muñoz ;, Navarro P, Scarlett Hernández &, Betancourt P; Accuracy of Four Electronic Apex Locators During Root Canal Length Determination. Vol. 13, *Int. J. Odontostomat*. 2019.
40. Wrbas KT, Ziegler AA, Altenburger MJ, Schirrmester JF. In vivo comparison of working length determination with two electronic apex locators. *Int Endod J*. 2007 Feb;40(2):133–8.
41. de Vasconcelos BC, Araújo RBR, e Silva FCFA, Luna-Cruz SM, Duarte MAH, Fernandes CA de O. In vivo accuracy of two electronic foramen locators based on different operation systems. *Braz Dent J*. 2014;25(1):12–6.
42. Guise GM, Goodell GG, Imamura GM. In Vitro Comparison of Three Electronic Apex Locators. *J Endod*. 2010 Feb;36(2):279–81.

11 ANEXOS



Development and Manufacturing
J. MORITA MFG. CORP.
680 Higashihama Minami-cho, Fushimi-ku,
Kyoto 612-8533, Japan



Localizador de ápice

Root ZX mini

Condiciones de uso

Temperatura: +10 °C a +35 °C

Humedad: 30% a 80% (sin condensación)

Presión atmosférica: 70 kPa a 106 kPa

* Si la unidad no se ha utilizado durante un tiempo, asegúrese de que funcione correctamente antes de volver a utilizarla.



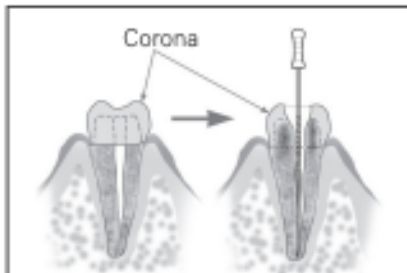
Pantalla principal y botones



⚠ ADVERTENCIA

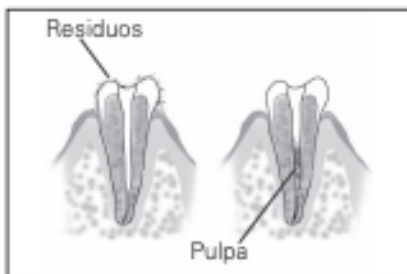
- No conecte nunca el Root ZX mini a ningún aparato no autorizado por J. MORITA MFG. CORP.
- No utilice nunca la unidad si el indicador de carga de las pilas parpadea. Es posible que la unidad no funcione correctamente si la carga de las pilas es baja.
- Las lecturas 1, 2 y 3 del medidor no se corresponden con la distancia real y deben utilizarse únicamente como estimaciones.

Conductos radiculares no aptos para mediciones electrónicas



Corona o prótesis metálica en contacto con el tejido gingival

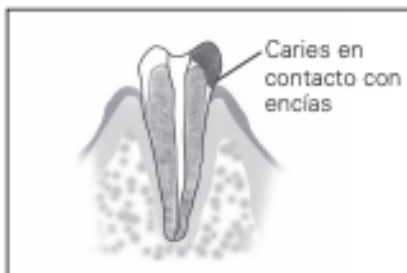
No se pueden obtener mediciones correctas si la lima toca una prótesis metálica en contacto con tejido gingival. En este caso, antes de realizar mediciones, ensanche la abertura en la parte superior de la corona, de forma que la lima no toque la prótesis metálica.



Residuos del corte en el diente **Pulpa dentro del conducto**

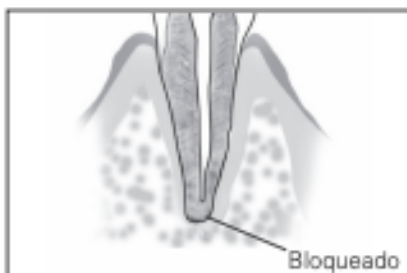
Elimine minuciosamente todos los residuos del corte que se encuentren en el diente.

Elimine también minuciosamente toda la pulpa que se encuentre dentro del conducto, ya que, en caso contrario, no podrán realizarse mediciones correctas.



Caries en contacto con las encías

En este caso, la fuga eléctrica hacia las encías a través de la zona infectada por las caries imposibilitará la obtención de mediciones correctas.



Conducto bloqueado

El medidor no se moverá si el conducto está bloqueado. Abra completamente el conducto hasta la constricción apical para poder medirlo.



Conducto extremadamente seco

Si el conducto está extremadamente seco, es posible que el medidor no se mueva hasta que se encuentre bastante cerca del ápice. En este caso, pruebe a humedecer el conducto con peróxido de hidrógeno o una solución salina.

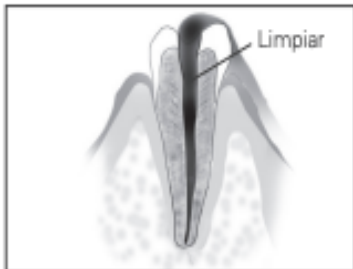
Conductos radiculares no aptos para mediciones electrónicas

No se pueden obtener mediciones precisas cuando existe alguno de los estados siguientes del conducto radicular. Además de estos casos, pueden existir otros en los que tampoco puedan realizarse mediciones precisas.



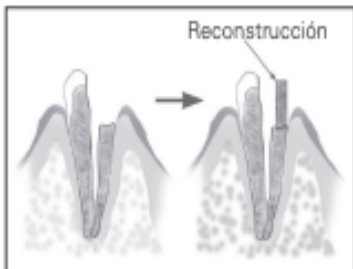
Conducto radicular con un foramen apical grande

Los conductos radiculares que presenten un foramen apical excepcionalmente grande debido a una lesión o un desarrollo incompleto no pueden medirse con precisión. Los resultados mostrarán mediciones más cortas que la longitud real de los mismos.



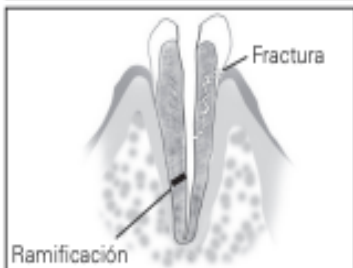
Conducto radicular por cuya abertura salgan sangre, saliva o una solución química

Si salen sangre, saliva o una solución química por la abertura del conducto radicular y entran en contacto con las encías, se producirá una fuga eléctrica y no se podrán obtener mediciones precisas. Espere a que se haya detenido completamente el sangrado. Limpie exhaustivamente el interior y la abertura del conducto para eliminar toda la sangre, la saliva y las soluciones químicas, y, a continuación, realice la medición.



Corona fracturada

Si la corona se encuentra fracturada y parte del tejido gingival penetra en la cavidad que rodea la abertura del conducto, el contacto entre el tejido gingival y la lima provocará una fuga eléctrica, por lo que no podrán obtenerse mediciones precisas. En este caso, proteja el diente con un material adecuado para aislar el tejido gingival.



Diente fracturado

Fuga a través de las ramificaciones del conducto radicular

Los dientes fracturados causan fugas eléctricas, por lo que no se puede obtener una medición precisa. Las ramificaciones del conducto radicular también causan fugas eléctricas.



Nuevo tratamiento de una raíz rellenada con gutapercha

Se debe eliminar totalmente la gutapercha para evitar su efecto aislante. Tras eliminarla, pase una pequeña lima por todo el foramen apical y, a continuación, añada un poco de solución salina en el conducto, pero no debe desbordarse por la abertura de dicho conducto.



Propex Pixi®

La zona apical se divide en 3 barras graduadas de 1,0 a 0,0 (ápice); consulte la [Fig. 11](#).



Fig. 11

Cuando se alcanza el ápice, se emite un tono continuo.

La indicación 0,0 que aparece en la pantalla del **Propex Pixi®** hace referencia a la posición de la lima del foramen apical menor (la longitud apical).

Un segmento rojo «OVER» y una señal sonora de advertencia (intermitente y rápida) indican que la lima ha sobrepasado el ápice, [Fig. 12](#).



Es probable que se produzcan lecturas imprecisas o incorrectas en los siguientes casos, todos los cuales están relacionados con el procedimiento:

- Obstrucción parcial del conducto.
- El tamaño de la lima de medición difiere considerablemente del diámetro del conducto. Lo ideal es que la lima seleccionada tenga el máximo grosor capaz de llegar al ápice.
- Presencia de líquidos o restos de tejidos en la cavidad de acceso. Antes de usar el dispositivo, se ha de secar la cavidad de acceso con una bola de algodón con el fin de evitar fugas.
- Contacto de la lima o del clip labial con estructuras dentales metálicas. Tenga especial cuidado con los pacientes que tienen coronas o puentes metálicos.
- Contacto de la lima con otro instrumento.
- Conducto muy seco, por ejemplo, en presencia de una restauración. En tal caso, el conducto debe humedecerse con una solución de irrigación o con Glyde™ File Prep.
- Contacto entre la lima y las encías (puede provocar una lectura falsa que indique que se ha alcanzado el ápice).
- Uso de un escarificador ultrasónico con el contraelectrodo acoplado al paciente (el ruido eléctrico del escarificador podría interferir en la localización del ápice).
- Uso del localizador de ápice junto con un bisturí eléctrico.
- Uso de clips labiales, ganchos u horquillas dañados.
- Para localizar el ápice, las concentraciones de NaOCl superiores al 5 % pueden disminuir la precisión.
- Como precaución de seguridad, para evitar la sobreinstrumentación, se recomienda seguir estos pasos: Coloque la lima sobre una regla de endodoncia, donde el **Propex Pixi®** indique «0,0». Reste como mínimo 0,5 mm de la longitud de la lima medida.
- Respete también las siguientes precauciones:
 - Por su propia seguridad, asegúrese de utilizar equipos de protección individual (guantes, gafas y mascarilla).
 - Si el gráfico de barras hace movimientos grandes y repentinos en la parte coronal del conducto, siga haciendo avanzar lentamente la lima hacia el ápice hasta que la señal se normalice.
 - Esta unidad **Propex Pixi®** no debe conectarse ni utilizarse en combinación con ningún otro aparato o sistema. No debe utilizarse como un componente integral de ningún otro aparato o sistema. El uso de piezas de repuesto o accesorios no suministrados por el fabricante o proveedor originales podría afectar negativamente al comportamiento de CEM (compatibilidad electromagnética) del **Propex Pixi®**.



San Luis Potosí, S.L.P. 6 de octubre de 2022

M.E. Paola Audré López Soto
Maestría en Endodoncia
Facultad de Estomatología, UASLP
P R E S E N T E

Por este conducto me dirijo a Usted en referencia a su trabajo de investigación titulado *“Evaluación de la precisión de tres localizadores apicales. Experimental, Root ZX mini y Propex Pixi. Estudio In Vivo.”* Asignado con la clave: CEI-FE-074-022.

Dicho trabajo fue evaluado en los **aspectos del marco ético-legal y bioseguridad** por los miembros del H. Comité de Ética en Investigación: Dra. Yolanda Hernández Molinar, M. en C. Ana María Guadalupe González Amaro, Dra. Norma Verónica Zavala Alonso, Dra. Claudia Edith Dávila Pérez, Dra. Rita Elizabeth Martínez Martínez, Dr. José Arturo Garrocho Rangel, Dr. Alan Martínez Zumarán y Dr. Víctor Mario Fierro Serna. De dicha evaluación y de forma colegiada, el Comité ha dictaminado que su protocolo de investigación es **APROBADO POR UNANIMIDAD** pudiendo llevarlo a cabo en los tiempos que Usted ha considerado necesarios para la ejecución del mismo.

El Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Estomatología se rige con la clave **CONBIOÉTICA-24-CEI-001-20190213** de acuerdo con las directrices nacionales para la integración y funcionamiento de los Comités de Ética e Investigación emitidas por la Comisión Nacional de Bioética (CONBIOÉTICA).

Le solicitamos nos haga llegar los informes correspondientes del avance de su proyecto de investigación, así como un informe final para nuestro archivo, recordándole además que este proyecto podrá ser monitoreado por este Comité.

ATENTAMENTE


DRA. RITA ELIZABETH MARTÍNEZ MARTÍNEZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA, UASLP

www.uaslp.mx

Av. Dr. Manuel Nava 2
Zona Universitaria • CP 78290
San Luis Potosí, S.L.P., México
tel. +52 (444) 826-2300
ext. 5116 a 5120
(444) 813 9743, 834 2522, 23 y 25
www.estomatologia.uaslp.mx
estomatologia@uaslp.mx