

Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU)
Facultad de Ciencias de la Salud
Escuela de Odontología



Tesis de grado para la obtención de título
Doctor en Odontología

Estudio in vitro del uso del localizador apical de sexta generación como método de determinación de longitud de trabajo en dientes humanos extraídos en la clínica Dr. René Puig Bentz de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña durante el período Mayo-Agosto del año 2016

Sustentantes

Shamir Montilla 10-0744

Jhoanna Zabala 10-0003

Asesor temático

Dra. Sheila Burdiez

Asesor metodológico

Dra. Sonya A. Streese

Santo Domingo, República Dominicana, 2017

Estudio in vitro del uso del localizador apical de sexta generación como método de determinación de longitud de trabajo en dientes humanos extraídos en la clínica Dr. René Puig Bentz de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU) durante el período Mayo-Agosto 2016

Índice Esquemático

Resumen

Introducción

CAPÍTULO 1. PROBLEMA DEL ESTUDIO	9
1.1. Antecedentes del estudio	9
1.1.1. Antecedentes Internacionales	9
1.1.2. Antecedentes Nacionales	14
1.1.3. Antecedentes Locales	14
1.2. Planteamiento del problema.....	15
1.3. Justificación	16
1.4. Objetivos.....	17
1.4.1. Objetivo general	17
1.4.2. Objetivos específicos	17
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	18
2.1. Sistema de radiografía convencional	18
2.2 Longitud de trabajo	20
2.3. Principio de funcionamiento de los localizadores apicales	21
2.3.1. Localizador apical.....	21
2.3.2. Primera generación	22
2.3.3. Segunda generación	25
2.3.4. Tercera generación.....	26
2.3.5. Cuarta generación	34
2.3.6. Quinta y sexta generación	37
2.3.7. Indicaciones	38

2.4. Indicaciones del fabricante	40
2.4.1. Indicaciones de uso	40
2.4.2. Contraindicaciones.....	40
2.4.3. Advertencia.....	40
2.4.4. Precauciones	41
2.4.5. Reacciones adversas	43
2.4.6. Instrucciones de uso paso a paso	43
2.5. Impedancia eléctrica	47
2.6. Utilización clínica.....	47
2.7. Consideraciones anatómicas a tomar en cuenta en la estructura dental	48
2.7.1. Ápice anatómico	49
2.7.2. Ápice radiográfico	49
2.7.3. Ápice fisiológico o construcción apical.....	49
2.7.4. Foramen apical.....	49
2.7.5. Conducto radicular.....	49
2.7.6. Calibre del conducto radicular	50
2.7.7. Dirección del conducto radicular.....	50
2.8. Importancia de la conductometría.....	51
CAPÍTULO 3. LA PROPUESTA.....	52
3.1. Formulación de hipótesis	52
3.2. Operacionalización de las variables.....	53
CAPÍTULO 4. MARCO METODOLÓGICO	54
4.1. Diseño metodológico	54
4.2. Universo y muestra	54
4.3. Unidad de análisis estadístico	54

4.4. Criterios de inclusión y exclusión.....	55
4.5. Técnicas y procedimientos para la recolección y presentación de la información	55
4.6. Plan estadístico de análisis de la información	56
CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS	57
5.1. Resultados del estudio	57
5.2. Discusión	70
5.3. Conclusiones.....	72
5.4. Recomendaciones	73
Referencias Bibliográficas.....	74
Apéndice	79
Glosario.....	88

Resumen

En la práctica endodóntica, es esencial el uso de la radiografía convencional y el localizador apical, para la medición del conducto radicular. Es importante identificar cuál de estos ofrecen una longitud de trabajo más cercana a lo real, para así lograr mayor éxito en los tratamientos endodónticos.

El propósito de este estudio fue analizar el uso del localizador apical de sexta generación como método de determinación de longitud de trabajo en dientes humanos extraídos, analizando los resultados con veracidad de las mediciones, para esto se utilizaron 60 dientes sumando 81 conductos; anteriores, premolares y molares, a los que se les tomó una radiografía convencional, donde fueron medidas desde el borde incisal hasta el ápice anatómico, con una regla milimetrada restándole 0.5-1mm. Desde el ápice radiográfico, se midieron los dientes con un vernier digital (patrón oro) para obtener la longitud real del diente; se transfirió la longitud del diente al instrumento endodóntico el cual se introdujo al conducto radicular, colocando así el clic del localizador apical entre el mango y el tope de goma de la lima y el clic labial en agua; hasta que la pantalla del localizador marcara 0.0 mm que fue la referencia utilizada; visto bajo un microscopio con el lente (4/0.10-160/0.17) observando si el instrumento endodóntico estaba fuera del foramen apical.

Los resultados demostraron que ambos métodos son iguales de exactos en la obtención de longitud de trabajo; siendo el localizador apical el método más preciso, debido a que ahorra tiempo y exposiciones radiográficas al paciente a diferencia que el método convencional.

Palabras claves: *Radiografía convencional, localizador apical, longitud de trabajo, dientes humanos, vertice radiográfico.*

Introducción

La endodoncia, es el campo de la odontología que estudia la morfología de la cavidad pulpar, fisiología y patología de la pulpa, así como, la prevención y el tratamiento de las alteraciones pulpares y sus repercusiones sobre los tejidos periapicales. Esta área requiere de mucha precisión para alcanzar su éxito. Uno de los pasos importantes dentro del tratamiento endodóntico, es la determinación de la longitud de trabajo, ya que servirá de guía y referencia en los pasos posteriores para poder garantizar el éxito en el tratamiento de conductos radiculares.

Para realizar un tratamiento endodóntico es de gran importancia el uso de la radiografía, ya que esta permite identificar las estructuras anatómicas, además de obtener la longitud de trabajo¹. Las radiografías desempeñan funciones esenciales en tres áreas de la endodoncia, sin embargo, poseen limitaciones que requieren métodos especiales; una radiografía sencilla solo es una sombra bidimensional de un objeto tridimensional. Las tres áreas de importancia de la radiografía en la endodoncia son; el diagnóstico, tratamiento y control posoperatorio. En el diagnóstico se identifican patologías, determinación de la anatomía radicular y pulpar. En el tratamiento; la longitud de trabajo, localización de los conductos y evaluación de la obturación. Y control posoperatorio, se verifica el éxito final y valoración de cicatrización².

La radiografía convencional, se ha considerado por muchos años una herramienta para realizar la conductometría en la práctica endodóntica. La radiografía permite una mirada a la estructura de los tejidos internos sin tener que recurrir a la cirugía, pero la enorme importancia de este descubrimiento hace olvidar muchas veces, que esa radiografía solo tiene en la mayoría de los casos, el valor de una exploración auxiliar. La radiografía dental, junto a otras pruebas complementarias y a una anamnesis previa, constituye una base importante para elaborar un juicio diagnóstico en endodoncia³.

Los localizadores apicales tienen como propósito, la ubicación exacta del ápice o contricción apical de manera más precisa y menos invasiva para el paciente. Cuando estos dispositivos

son utilizados correctamente y se cuenta con la experiencia, se convierte en un método fiable, para detectar la constricción apical⁴.

Los localizadores apicales basan sus mediciones, en la diferencia que existe entre la carga eléctrica de los tejidos del ligamento periodontal y cualquier otro punto del interior del conducto, lo cual es conocido como impedancia. Los localizadores reducen el número de radiografías por paciente⁵.

En este contexto, se realizó un estudio de tipo experimental, donde se tomaron dientes humanos que cumplieran con los parámetros descritos, con el propósito de comprobar la efectividad del localizador apical de sexta generación, en la determinación de la longitud de trabajo de dientes humanos extraídos; para corroborar que el uso del localizador apical reduce el margen de error que se puedan presentar a la toma de longitud de trabajo.

Este estudio consta de cinco capítulos. El primer capítulo trata sobre el problema del estudio, que involucra los antecedentes relacionados con el tema del estudio, planteamiento del problema, justificación y los objetivos generales y específicos, de los cuales se obtuvieron las variables. El capítulo dos abarca el marco teórico, que se encuentra dividido por subcapítulos con información obtenidas de artículos y libros. Luego continúa el capítulo tres que presenta la formulación de hipótesis y la paralización de las variables. En el capítulo cuatro se muestra el marco metodológico, el cual se encuentra dividido por subcapítulos, donde se desarrolla el tipo de estudio, delimitación de tiempo y espacio, técnica de muestreo, unidad de análisis estadístico, criterios de inclusión y exclusión, técnicas y procedimientos para la recolección y presentación de la información y los aspectos éticos implicados en la investigación. Finalmente, el capítulo cinco presenta los resultados y análisis de los datos obtenidos, discusión, conclusiones, recomendaciones, anexos y un glosario.

CAPÍTULO 1. PROBLEMA DEL ESTUDIO

1.1. Antecedentes del estudio

1.1.1. Antecedentes Internacionales

En el año 2008, Newman et al⁶ realizaron un estudio en vivo en Santiago de Chile, bajo el título de “Estudio comparativo, entre radiografía digital y dos localizadores de ápice electrónico Root ZX y Propex II, en la medición de longitud del canal radicular”. En La metodología se obtuvieron, conductimetría electrónicas y radiográficas de 20 piezas dentarias anteriores en pacientes de ambos sexos en dientes unirradicular y birradicular con compromiso pulpar que requieran tratamiento endodóntico, determinadas con dos localizadores diferentes de tipo Root ZX y Propex II para determinar cuál de los dos métodos es el más preciso a la hora de tomar la longitud de trabajo. El localizador de la marca RootZx coincide con el método del paralelismo en un 25% de las 20 muestras, mientras con el localizador Propex II coincide con las obtenidas porRoot ZX en un 68.42%, en las 19 muestras. Esto dice que el ProPex II posee mayor sensibilidad para obtener el límite apical.

En el año 2008, Olmos et al⁷ realizaron un estudio en vivo, bajo el título de “La eficacia clínica del localizador apical electrónico YC-RAF-1 RootApexFinder “. Este fue realizado en la especialidad de endodoncia de la facultad de odontología de la Universidad Nacional de Tucumán (Argentina). La metodología utilizada fueron 20 pacientes, en 39 conductos radiculares sin tener edad, ni sexo, los mismos procedieron a realizar la prueba, con el conducto preparado e irrigado con clorhexidina 2%, se secó la cámara pulpar con una torunda de algodón estéril, dejando inundados los conductos. Se procedió a determinar la longitud electrónica del conducto con el localizador, cuando la pantalla del aparato, marcó “APEX” sin retirar el instrumento del conducto, se realizó una radiografía periapical. Se observó en la misma posición del instrumento dentro del conducto, utilizando un negatoscopio y una lupa 7x de aumento. Se consideró aceptable cuando la punta de la lima utilizada se encontró a nivel de la salida radiográfica del conducto. Los resultados del YC-RAF-1 RootApexFinde, indican que el dispositivo es eficiente para la determinación de

longitud de trabajo. Sin embargo, no otorga garantías necesarias para reemplazar al método radiográfico ya que no puede determinar dirección, presencia o grado de una curvatura, conductos accesorios ni raíces adicionales. Se sugiere su utilización como un método complementario.

En el año 2009, Parra et al⁸ estudiaron los diferentes tipos de localizadores apicales electrónicos frente al método radiográfico convencional en la obtención de la longitud de trabajo en dientes jóvenes, este estudio fue realizado en la ciudad de México. La metodología que utilizaron fueron pacientes de 14 a 34 años de edad de ambos sexo, con dientes premolares superiores e inferiores sanos indicados para extracción por razones ortodóntica, obteniendo una muestra de 94 dientes sumando 105 conductos de premolares jóvenes. Después de identificar el diente a extraer se anestesió y se aisló, se tuvo acceso y se extirpó con tira nervios calibre 30 de la marca (Malliefer), se obtuvieron mediciones de la longitud de trabajo con el método convencional con diferentes angulaciones (orto, mesio y distal) hasta encontrar el instrumento en 0.5-1mm del vértice radiográfico. Posteriormente se obtuvo la longitud de los mismos conductos con los localizadores apicales Root ZX II y Apex.

Se puso el gancho en el carrillo del paciente y se colocó una lima dentro del conducto lentamente hasta escuchar el bip indicador, que alcanzó el ápice de 0.5mm de manera más estable. Finalizada esta etapa se extrajo el diente de manera atraumática, luxando el premolar con un elevador recto y retirando el premolar por la corona anatómica con un fórceps No.150. Los premolares fueron lavados y desinfectados con NaOCl al 5.25% Clorox almacenándolos en formalina neutralizada (HYCEL USA) en dilución de 1:10%. Los dientes fueron codificados numéricamente y clasificados en categorías de etapas de maduración apical utilizando los criterios establecidos por Patterson. En conclusión los localizadores apicales electrónicos de tercera y cuarta generación (Root ZX II y Apex) son igual de exactos que el método radiográfico en la obtención de la longitud, también estos minimizan el tiempo de trabajo y la exposición radiográfica al paciente.

En el año 2010, Ding y Gutmann⁹ realizaron un estudio bajo el título “Investigación de localizadores de ápice y factores morfológicos relacionados” El objetivo de este estudio fue investigar la capacidad de tres localizadores de ápice electrónicos para descubrir el foramen menor, y factores de influencia morfológicos en relación con la determinación de longitud de trabajo. En la metodología se obtuvieron un total de 356 dientes permanentes, que fueron extraídos por motivos periodontales, ortodónticos, o motivos protésicos. Todos los dientes extraídos fueron enumerados y almacenados en la solución de cloruro de sodio fisiológico del 0.9%. Antes de las medidas electrónicas, la lima de medición fue presentada en el canal de la raíz hasta que la punta se hiciera solamente visible en el foramen principal, luego visto bajo un microscopio quirúrgico de operaciones, y la lectura de micrómetro digital. Posteriormente, los ápices de raíz fueron sumergidos en un contenedor plástico lleno de cloruro de sodio al 0.9 %, y el localizador Root ZX, Raypex 5, y el Localizador de ápice de elementos después de las instrucciones del fabricante fue usado para descubrir el foramen menor. La distancia entre el foramen principal y las puntas de la lima, dan valores positivos que representan la punta de la lima excepto del foramen principal, mientras que los valores negativos representaron la punta de la lima más allá del foramen principal.

Para el promedio de longitud de la lima fuera del foramen, era 0.261 mm para el Root ZX, 0.376 mm para el Raypex 5, y 0.383 mm para el Localizador de Ápice de Elementos. El análisis estadístico mostró que había una diferencia significativa entre la Root ZX y el Raypex 5 ($p < 0.001$), así como, la Root ZX y el Localizador de ápice de elementos ($p < 0.001$), pero ninguna diferencia significativa fue encontrada entre el Raypex 5 y el Localizador de ápice de elementos ($p = 0.507$). De los 356 dientes, 180 tenían foramen principal en la punta de raíz, mientras que 176 tenían foramen lateral principal.

En el año 2011, Kenneth¹⁰ estudió los diferentes tipos de localizadores eléctricos apicales, en Guatemala bajo el tema “Localizadores electrónicos apicales en la Universidad de San Carlos de Guatemala”, en el cual se realizaron estudios comparativos de los diferentes tipos de generaciones de los localizadores electrónicos apicales, el método utilizado fue comparar las ventajas y desventajas que tienen los localizadores, cada generación tenía

menos complicaciones a la hora del uso. Mientras más alta sea la generación, mejor es, el localizador apical.

En el año 2011, Asahi¹¹ estudió cuatro localizadores apicales en la ciudad de Madrid, bajo el título "Evaluación in vitro de la precisión de cuatros diferentes localizadores ápicales, siendo estos Propex II, Mini Apexlocator y Ipex". La muestra seleccionada fueron 40 dientes permanentes extraídos unirradicular, con ápices cerrado, ausencias de fracturas y caries. La muestra fue almacenada en suero hasta ser utilizados, las coronas de cada diente fueron seccionadas transversalmente con un disco diamantado a nivel del tercio cervical, para facilitar el acceso al conducto radicular y establecer una superficie más plana que sirva como punto de referencia inequívoco a la hora de tomar las mediciones. Los dientes fueron numerados del 1 al 40, los mismos fueron fijados en alginato dejando 5mm libre a nivel coronal. Los cuatro localizadores fueron utilizados según las indicaciones del fabricante, cada localizador utilizó, limas No. 15 flexo-file estandarizado, se irrigó cada conducto previamente con hipoclorito de sodio al 25%, para medir la construcción apical. La lima se introdujo simultáneamente en el interior del conducto, sobrepasando el ápice y luego ir retirando hasta el acceso, a la señal de localización a 0.5mm del ápice.

Los resultados obtenidos fueron, las medidas comparadas entre Propex - localización foramen (LF), hubo diferencia significativa de ($p=0.0005$), entre Propez II –(LF) hubo diferencias de ($p=0.0003$), entre Mini Apex (MS) – (LF), hubo diferencia de ($p=0.0013$), y entre el ipex – (LF) hubo diferencia de ($p=0.0006$). Si ampliamos los rangos +/- se obtiene al Propex con un 84.6%, al Propex II con un 87.1 %, para el Mini Apex con un 84.6% y para ipex un 82.1%.

En el año 2011-2012, Campoverde¹ en la ciudad de Guayaquil (Ecuador), bajo el título "Estudios comparativos entre los localizadores apicales y la toma de radiografías convencionales en Endodoncia". Realizaron un estudio, con el objetivo de establecer el método más eficaz en la determinación de la longitud de trabajo, entre los localizadores apicales y la toma de radiografías convencionales. La metodología usada en dicha investigación fueron consultas bibliográficas y revisión de literaturas. Dentro de las

revisiones bibliográficas Elayouti et al, reportaron que el método radiográfico condiciona a una instrumentación más allá del ápice en premolares en un 51% y en molares en 22%, otros estudios reportan un 82% de instrumentos fuera del conducto, cuando parecen encontrarse radiográficamente a nivel del foramen apical en dientes extraídos. En cuanto a estudios realizados con localizadores, cabe mencionar que, ellos reportaron que con el Root ZX existía un 21% de sobreestimación en la obtención de la longitud de trabajo y con el método radiográfico convencional identificaron un 51% de sobreestimación, cuando la punta de la lima se encontraba entre 0.5 y 1 mm.

En dicha investigación se demostró que los localizadores apicales tienen la capacidad de minimizar el número de radiografías necesarias, para determinar la longitud de trabajo. Esto disminuye la cantidad de radiación recibidas por los pacientes y la cantidad de tiempo clínico para el procedimiento.

En el año 2014, Gagliano¹² en la ciudad de Carabobo (Venezuela), bajo el título “Efectividad de los localizadores electrónicos en la determinación de la longitud de trabajo y ubicación de la contricción apical. Estudio in vitro.” Realizaron un estudio con el objetivo de determinar la efectividad del localizador de ápice Root ZX y el localizador Raypex 6, en la ubicación de la contricción apical, de dientes monoradiculares humanos extraídos. La muestra seleccionada fue de 50 dientes, los cuales fueron divididos en dos grupos de 25 unidades de dientes, en los cuales fueron medidas su longitud de trabajo, el grupo A fue medida con el localizador apical RootZx y el grupo B con el Raypex 6, para luego mediante un desgaste longitudinal de los 4mm apicales, poder medir la distancia de la punta de la lima al foramen mayor, a través de un calibrador digital. Los resultados obtenidos para la determinación de la longitud de trabajo y la ubicación de la contricción apical fueron; que el localizador apical Rootzx y el Raypx 6, son igualmente efectivos y no muestran diferencias estadísticas significativas, sin embargo, el Raypex 6 mostró mayor efectividad (84%) comparado al Rootzx (76%).

1.1.2. Antecedentes Nacionales

En el año 2001, Vladimir et al¹³ en la universidad iberoamericana (UNIBE), bajo el título de localizadores apicales electrónicos, realizaron un estudio con el fin de obtener la determinación de longitud de trabajo adecuada, para la preparación y obturación del conducto radicular. Ellos compararon tres localizadores apicales Endex, RootZx y Foramatron IV. Dicho estudio comprobó que el localizador apical logra una obturación en un 50-64% satisfactoria, la gran probabilidad del éxito y fracasos en estudios realizados, verifican algunos problemas encontrados con estos aparatos, en presencia de tejido pulpar vital incluso en pequeños fragmentos, como son el líquido tisular y cualquier electrolito, hipoclorito de sodio, solución salina, anestésicos, EDTA, o al tocar una restauración metálica que provocan lecturas erróneas.

1.1.3. Antecedentes Locales

No encontrados.

1.2. Planteamiento del problema

En la práctica diaria en el área de endodoncia, la determinación de la longitud de trabajo durante el tratamiento endodóntico tiene un papel crucial, ya que determina el límite de la extensión radicular. Una de las principales causas en la determinación incorrecta del límite anatómico, son los errores ocasionados en la determinación de la longitud de trabajo, por lo que el éxito del tratamiento endodóntico se ve afectado, llevando al paciente a una pérdida futura de la pieza dentaria. Es por eso, que la determinación de la longitud de trabajo, es una parte fundamental para una correcta instrumentación y obturación radicular.

Realizar un estudio para valorar la efectividad del localizador apical en la determinación de la longitud de trabajo en dientes humanos extraídos, mediante un estudio in vitro, este pretende comprobar la eficacia del localizador apical de sexta generación para evitar una longitud de trabajo incorrecta, que conduzca a fracasos en el tratamiento endodóntico.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto han surgido las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál sería la efectividad del localizador apical de sexta generación en la obtención de la longitud de trabajo en dientes humanos extraídos?
- ¿Cuáles son las diferencias entre la longitud de trabajo y la radiografía convencional según las medidas reales del diente?
- ¿Cuáles son las diferencias entre la longitud de trabajo y el sistema del localizador apical y medidas real del diente?
- ¿Qué diferencias existen en la toma de longitud de trabajo del método convencional y el localizador apical?

1.3. Justificación

Debido a la necesidad de obtener una longitud de trabajo lo más certera posible a la realidad, durante la práctica endodóntica, se hace imperativo el uso de un método confiable, como es, el uso del localizador apical de sexta generación, el cual determina la longitud de trabajo ideal para la culminación de un tratamiento endodóntico, eficaz y seguro para el operador y el paciente.

Una de las principales preocupaciones a las que se enfrenta el operador, es fijar en qué medida los instrumentos de trabajo deberían avanzar en el canal radicular y en qué punto la preparación y obturación debe de ubicarse para lograr el éxito del tratamiento.

Este estudio servirá para comprobar la efectividad del localizador apical en la obtención de la longitud de trabajo. Por lo cual brindará, un aporte en el pre-clínico y área de endodoncia de la escuela de odontología de la (UNPHU), con la finalidad de incrementar de manera sistemática el uso del localizador apical como elemento del diagnóstico más preciso para el éxito de la práctica endodóntica.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la efectividad del localizador apical de sexta generación como método en la determinación de longitud de trabajo en dientes humanos extraídos en la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña en el periodo Mayo-Agosto del año 2016.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar las diferencias entre la longitud de trabajo y la radiografía convencional según la medida real del diente.
- Identificar las diferencias entre la longitud de trabajo y el sistema del localizador apical y medida real del diente.
- Comparar diferencias en la toma de longitud de trabajo del método convencional y el localizador apical.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

La obtención de una correcta longitud de trabajo es esencial para el éxito de la terapia de endodoncia. Son varios los métodos que se utilizan para determinar esta importante medición.

Desde su incorporación a la práctica odontológica, el localizador apical y la radiografía convencional han experimentado un importante desarrollo. El continuo avance de las tecnologías en las que se sustenta, ha dotado a estos sistemas de interesantes prestaciones, que pueden facilitar el diagnóstico y manejo de los mismos. En esta investigación se describen los avances del localizador apical y la radiología convencional; sus características, ventajas, tipos, especificaciones, así como, también las consideraciones anatómicas de la estructura dental que tiene que conocer el estudiante para la realización de la toma de radiografía, el uso de los localizadores apicales para la toma de longitud de trabajo, y la importancia de este, para así establecer que tan efectivo es el localizador apical tipo pixi de sexta generación.

2.1. Sistema de radiografía convencional

La radiografía convencional ha sido considerada por muchos años una herramienta para realizar la conductometría en la práctica endodóntica³.



Figura 1. Radiografía convencional³.

El aparato de rayos x, es en esencia, un tubo de alto vacío donde hay un filamento de wolframio que al calentarse desprende electrones cargados negativamente. La intensidad de

la corriente de calentamiento se expresa en miliamperios (mA). El miliamperaje influirá en la cantidad de radiación. Se aplicará un voltaje transformado de 200 v en 50.000-100.000 v (50-100 Kv) que provoca un desplazamiento de electrones al polo positivo (ánodo), chocando contra la placa de wolframio. Al chocar se desprende energía, el 99% en forma de calor y el 1% como radiación. El kilovoltaje (Kv) determina la velocidad de los electrones, y modificándolo se varía la calidad de radiación. Independientemente de la película, el kilovoltaje es decisivo para lograr el contraste³.

El oscurecimiento de la película, su densidad, viene dado por la cantidad de radiación que recibe (no se altera el contraste). La cantidad de radiación viene determinada por el producto (mA) por el tiempo de exposición, y se mide en más. Al alterar el Kv, sí que se altera la calidad de la placa en cuanto a su contraste. Un aumento de Kv produce, mediante la aceleración de los electrones, una radiación de más energía, es decir, con menor longitud de onda, lo que le permite atravesar los tejidos con más facilidad. A la película llega más radiación, oscureciéndola y disminuyendo el contraste. Por el contrario, una radiación de menor energía penetra menos, la placa se aclara, y el contraste aumenta. De este modo incluso se pueden ver tejidos blandos. La mayor calidad se obtiene entre 50 y 100 Kv (70 Kv óptimo)³.

La radiografía permite una mirada a la estructura de los tejidos internos sin tener que recurrir a la cirugía. Pero la enorme importancia de este descubrimiento hace olvidar muchas veces que esa radiografía sólo tiene, en la mayoría de los casos, el valor de una exploración auxiliar. La radiografía dental, junto a otras pruebas complementarias y a una anamnesis previa, constituye una base importante para elaborar un juicio diagnóstico en endodoncia³.

La medición del diente en la radiografía pre-operatoria, será realizada mediante la técnica de planos paralelos, lo que produce una imagen más próxima a la realidad y evita distorsiones. Esto lo describieron Bramante y Berbert como un método para determinar la longitud dentaria en el tratamiento de conductos. Consiste en colocar la placa de modo que los ejes del diente y de la placa sean paralelos, de forma tal que, el haz de rayos se dirija

perpendicular a ambos ejes. La técnica de la bisectriz, en la que el haz de rayos se orienta hacia la bisectriz formada por los ejes del diente y la placa, es útil cuando por dificultades anatómicas no se puede utilizar la técnica del paralelismo, como ocurre con frecuencia en los molares superiores. La imagen radiológica tiene sólo dos dimensiones, por ello, realizando distintas proyecciones tendremos una idea tridimensional del objeto³.

2.2. Longitud de trabajo

La longitud de trabajo indica la profundidad a la que se debe preparar e introducir los instrumentos en el conducto dental. La determinación de la longitud de trabajo es uno de los principales retos del tratamiento de conductos, ya que indica que tanto deben avanzar los instrumentos de trabajo y en qué punto debe terminar la preparación y obturación final de los conductos radiculares.³²

Existen diferentes formas de obtener la longitud de trabajo, las más comunes van desde la sensación táctil, la observación radiográfica, el uso de radiovisiografía (RVG) y el empleo de localizadores de ápice electrónico (LAE).³²

La sensación táctil que se ve limitada con su efectividad a la experiencia del clínico, hoy se conoce como el ensanchamiento cervical que favorece la detección de la constricción apical y permite una mejor identificación del primer instrumento que ajusta en el ápice³². Aunque existen circunstancias como la presencia de ápices abiertos, reabsorciones radiculares y piedras pulpares que harían inviable el uso de este método³².

Además, es necesario que el clínico tenga la experiencia necesaria en la identificación de la constricción apical a partir de estimaciones tentativas de la longitud del conducto radicular. El estándar dorado para la determinación de la conductometría, ha sido el método radiográfico, el cual establece como longitud de trabajo a aquel instrumento que se encuentre entre 0.5 y un 1 mm respecto al vértice radiográfico³³. Esta zona es intangible, dado que el foramen apical puede encontrarse en algunos casos localizados lateralmente hasta 3 mm al ápice anatómico, en el 50-98% de los casos³⁵.

Esta característica anatómica no puede ser observada durante la obtención de la longitud de trabajo por el método radiográfico. Su principal desventaja radica en que las radiografías solo producen imágenes bidimensionales en sentido mesio-distal de un objeto tridimensional, por lo que deben tomarse angulaciones complementarias que faciliten una mejor visualización de la ubicación y dirección de un instrumento.

Otras desventajas incluyen la necesidad de tomar varias radiografías para la obtención de la conductometría, así como efectos indeseables para el paciente, como, la náusea y la sensación de incomodidad o dolor, principalmente en zonas postero-inferiores³⁶

2.3. Principio de funcionamiento de los localizadores apicales

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

Todos los Localizadores apicales funcionan por el aprovechamiento del cuerpo humano para completar un circuito eléctrico. Poseen dos electrodos, uno es conectado a un instrumento endodóntico, el otro es conectado al cuerpo del paciente, ya sea por un contacto con el labio o por un electrodo en su mano. El circuito eléctrico se completa, cuando el instrumento es introducido en el conducto radicular en sentido apical, y alcanza los tejidos periapicales. En este momento, en la escala se indica que el área apical ha sido alcanzada¹⁴.

2.3.1. Localizador apical

Un método electrónico para determinar la longitud radicular fue investigado por primera vez por Custer en 1918. Hace más de cincuenta años, Suzuki en 1942 publicó un estudio sobre ionoforesis de nitrato de plata amoniacal en dientes de perros. Este autor colocaba la solución argéntica en los conductos radiculares y procedía a dispersarla totalmente colocando un electrodo negativo en contacto con la mucosa oral, así descubrió que la

resistencia eléctrica entre un instrumento dentro del conducto radicular y un electrodo aplicado a la mucosa oral, registraba valores consistentes en cualquier porción del ápice entre 39 a 41mA, con una variación mínima¹⁴.

2.3.2. Primera generación

Creándose los localizadores de primera generación como el Exactapex, Apexfinder, el Sonoexplorer Mark I y el Sonoexplorer Mark II, también eran llamados localizadores de tipo resistencia. Este método, detectó un cambio en la resistencia con una corriente única. El valor de la resistencia es de 6.5 kiloohms. El Exact-A-Pex tiene una pantalla gráfica de barras de localizadores y un indicador de audio. En un estudio in vivo se determinó que éste localizador tiene una precisión del 55%¹⁵.

El ApexFinder y el EndoAnalyzer combinan un localizador con un vitalómetropulpar, se auto calibran con un indicador visual, pero sus reportes de precisión no son muy buenos. Fouad y cols, en 1993 compararon las estimaciones de la longitud de trabajo tomadas con el ApexFinder y mediante el método radiográfico, encontraron que éste aparato tenía una exactitud del 67%. En un estudio en el cual las determinaciones de la longitud de trabajo obtenidas con el ApexFinder 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 corta¹⁵.



Figura2. Localizador apical primerageneración¹⁵.

Suzuki no siguió sus investigaciones, pero, Sunada en 1962, introduce un método electrónico para medir la longitud del conducto radicular. El principio de este aparato consiste, en que la resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la mucosa oral, tienen un valor constante que se puede medir en cualquier lugar del periodonto, sin importar la edad del paciente, o la forma y tipo de diente. Como resultado, se desarrollaron un número de instrumentos para su uso como ayuda clínica en la localización del ápice. Sin embargo, muchos instrumentos frecuentemente se desempeñaron en forma impredecible entre un paciente y otro. Se reconoció que los contaminantes húmedos en el conducto radicular eran factores adversos para el desempeño confiable y que tenían que estar secos, por lo tanto prácticamente limpios, y como se deduce, parcialmente instrumentados¹⁵.

Venturi y Breschi¹⁵, en el año 2005, hicieron una investigación in vivo para comparar dos localizadores en cinco diferentes estadios durante la instrumentación del conducto radicular. El primero, antes de la instrumentación e irrigación. El segundo, después de un breve llenado e irrigación con 70% de alcohol isopropílico y secado parcial. El tercero, después de la lubricación del conducto radicular con gel de EDTA. El cuarto, después de completada la instrumentación e irrigación con NaOCl al 5%. Y el quinto, después de secar el conducto radicular posteriormente a haber concluido la instrumentación. Se concluyó que el ApexFinder y el Root ZX revelaron medidas precisas bajo las cinco diferentes circunstancias clínicas. El ApexFinder fue influenciado negativamente por el NaOCl en el conducto radicular. El Root ZX fue incapaz de revelar con frecuencia medidas estables en conductos radiculares con conductividad baja¹⁵.

En el 2007, Venturi y Breschi¹⁵, realizaron una nueva investigación in vivo para comparar dos localizadores con y sin irrigantes en 60 conductos radiculares de diferentes diámetros. En este estudio, concluyeron que bajo las diferentes condiciones, “en vivo” ambos localizadores proveyeron medidas precisas cuando la punta de la lima se encontraba en el foramen apical. La precisión del ApexFinder fue negativamente influenciada por las condiciones de alta conductividad, mientras que el Root ZX proveyó medidas imprecisas e inestables mayormente en condiciones de baja conductividad. Posteriormente, se colocó aislamiento plástico sobre la sonda eléctrica para evitar conductancia eléctrica a través de

los contenidos húmedos de los conductos. Pero el grosor del material aislante evitaba la entrada de la sonda en los conductos radiculares estrechos u angostos, especialmente a nivel del tercio radicular medio y apical¹⁵.

En el año de 1969, fue desarrollado el RootCanal Meter, usando una corriente alterna de 150Hz. Posteriormente, fue creado el Endodontic Meter S II, el cual usaba una corriente mucho menor de 5micros. Con estos instrumentos se debía hacer avanzar la lima por el conducto radicular, hasta tocar el tejido periodontal apical, hasta el momento en que la resistencia eléctrica del localizador y las resistencias eléctricas de la lima y la mucosa bucal fueran iguales, esto indicaba que la lima había llegado al ápice¹⁵.

Ponce cita a Inoue¹⁶ en 1971, desarrolló un sistema de lectura sónico utilizando un circuito de retroalimentación transistorizado de ecualizador y amplificador, con una oscilación de baja frecuencia para desarrollar el sonido. El aparato era llamado el Sono-Explorer. Inoue encontró, que era preciso en un rango de -0.5 mm desde el foramen apical durante el 100% de las veces cuando el aparato se afinaba a la frecuencia apropiada en el surco gingival. Este posee un indicador audible para determinar cuándo ha llegado al punto deseado del conducto radicular, mediante el cambio en la frecuencia. Se escuchaban 2 tonos pero gradualmente estos se fusionaban en uno a medida que el foramen apical era alcanzado. Finalmente, un tono puro individual indicaba que se había llegado a éste. Este dispositivo era calibrado por las bolsas periodontales de cada diente y realizaba la medición mediante la información del oscilador de bucle. También, fueron creados el C.L.Meter y el Neosono-D, que eran una modificación del Sono-Explorer, ambos cuentan con el indicador audible y además el C.L. Meter que tiene un medidor análogo y un indicador de tres vías: un medidor, una alarma audible y una lámpara. El Neosono-D posee un lector digital que tiene la capacidad de indicar la distancia en longitudes de 1mm desde la punta de la sonda hasta el foramen apical, como una lámpara y una alarma, indicando cuando se ha llegado al foramen apical. A diferencia del Sono-Explorer ninguna de estas unidades tiene que ser afinada a la frecuencia apropiada para cada paciente.

2.3.3. Segunda generación

Debido a las limitaciones que presentaron los de primera generación, a finales de los 70s algunos estudios cuestionaron la posibilidad de obtener una localización exacta del ápice en presencia de fluidos conductivos en el conducto radicular o en presencia de forámenes apicales anchos o inmaduros, apareciendo los localizadores de segunda generación o de tipo impedancia¹⁸.

Hasegawa en 1979, presentó, el Endocarther, el cual usó 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 gracias a un capuchón de plástico colocado en unas sondas especiales, pero éste se deterioraba y se trababa en la entrada del conducto radicular y tampoco podía ser utilizado en conductos estrechos¹⁸.

El Endocarther utilizaba limas aisladas especiales con una corriente de alta frecuencia. Sin embargo, la desventaja de utilizar estos instrumentos, es que las limas aisladas tienden a enredarse antes del foramen apical en los conducto radiculares no instrumentados¹⁸.

Los resultados de las investigaciones con ambas generaciones de dispositivos fueron poco consistentes. Fouad et al, en 1993, hallaron que la determinación electrónica era correcta en un 55-75% de los casos, según el aparato utilizado. Keller et al, en 1991 encontraron más fiable la técnica radiográfica realizada por un clínico experimentado, que el Endocarther¹⁶. Pallares y Faus, compararon los localizadores Odometer y Endocarther, encontrando un 84.8% de mediciones aceptables con el primero y un 89.6% con el último¹⁸.

López cito a Ushiyama en 1983, introdujo el método del gradiente de voltaje, mediante el cual se utilizaba un electrodo concéntrico bipolar que medía la corriente densamente evocada en un área limitada del conducto radicular. 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 conducto¹⁷.

El Digipex tiene un indicador digital visual de localizador y un indicador audible, este aparato requiere calibración. Posteriormente se introdujo el Digipex II y III, los cuales combinaban un localizador con probador de vitalidad pulpar. Czerw et al, en 1995 encontraron que Digipex II es igual de confiable, que el Root ZX en estudios in vitro¹⁷.

El Foramatron IV tiene una luz centellante y una pantalla digital, no requiere ningún tipo de calibración. Este aparato utiliza corriente alterna e impedancia para medir la distancia entre la punta de 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. 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 electrolítico¹⁷.

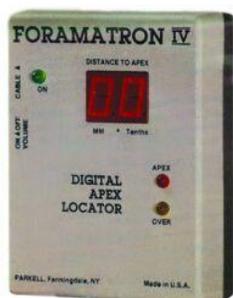


Figura 3. Localizador de segunda generación¹⁷.

2.3.4. Tercera generación

En los años noventa surgió la tercera generación, o de doble frecuencia, pues miden la impedancia a dos frecuencias eléctricas distintas: el Apit, también conocido como Endex, el Root ZX y Justy II, los más comúnmente utilizados¹⁸.

Para lograr entender el principio en que se basan los localizadores 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 a corrientes de diferente frecuencia cambiará entre sí. Este es el principio en que se basa el funcionamiento de los localizadores de tercera generación¹⁸.

La importancia 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. Esta generación de localizadores es muy similar a la segunda generación, con la diferencia que los de tercera utilizan múltiples frecuencias para determinar la distancia a la 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 estables¹⁸.

Valente cito a Yamashita en 1984, desarrolló un localizador con características electrónicas únicas que mantienen la precisión del instrumento independientemente de las condiciones del conducto radicular. Es conocido como Endex, que opera bajo el principio de que las mediciones de impedancia de los electrodos difieren dependiendo de las frecuencias utilizadas, especialmente en la constricción apical. El instrumento utiliza señales de corriente eléctrica con dos frecuencias diferentes. Este determina la localización de la constricción apical midiendo la variación de la retroalimentación máxima en la impedancia de los dos tipos de señales. Este aparato puede hacer una medición precisa de la longitud del conducto radicular, incluso si hay un electrolito fuerte dentro de éste¹⁸.



Figura 4. Localizador apical tercera generacion¹⁸.

La lima se coloca 2 o 3mm en la entrada del conducto radicular y luego se presiona el botón Reset. Las mediciones se obtienen cuando se inicia el sonido continuo de la alarma. El Endex debe ser calibrado a varios milímetros del foramen apical en cada conducto radicular individual. Este ajuste no es preciso en aquellos que estén secos. La pantalla del Endex es analógica, no tiene auriculares ni sensores de ajuste para el volumen y tipo de sonido, funciona con pilas recargables y un cargador.

Este modelo, si necesita calibrarse, pulsando el botón de ajuste automático de frecuencia una vez introducida la lima en el conducto radicular y sujeta con el agarra limas 3. Se han realizado múltiples estudios sobre la fidelidad de Endex o Apit, donde en promedio se determinó una precisión del 81%¹⁸.

Canalda y beau citaron a Mayeda et al, en 1993, evaluaron la exactitud del Endex bajo diagnóstico de pulpa vital y necrótica donde no encontraron diferencias significativas. Todas las mediciones se encontraban en un rango de -0.86 a 0.5 mm¹⁹.

Valente cito a Fouad et al, en 1990, evaluaron el Endex en conductos secos y con diferentes irrigantes y lo compararon con el ExactApex, Sono Explorer Mark III y Neosono D, sin encontrar diferencias entre ellos, en conductos secos. En conductos con fluidos conductivos, el Endex se comportó mejor, especialmente cuando el foramen apical era amplio²⁰.

Cianconi et al, en el 2010, realizaron un estudio en vivo para evaluar la precisión de 3 localizadores apicales comparada con el método radiográfico donde concluyeron, que el Endex y Propex II fueron más precisos que el Root ZX, determinando la longitud de trabajo.

En otro estudio se evaluó el efecto que podía tener, preparar el tercio coronario en la eficacia del Endex, encontrando que los resultados eran más exactos realizando dicha preparación que cuando no se realizaba, pero la diferencia no era estadísticamente significativa. Otros autores evaluaron el Root ZX y el Endex con diferentes irrigantes y concluyeron, que no hay diferencia en las mediciones según éstos, y ambos aparatos resultaron muy exactos¹⁹.

Canalda y beau citaron a Kaufman et al, en 1993, estudiaron la capacidad de detectar perforaciones con el Root ZX, Sono Explorer Mark II Jr. y Apit III, y todos resultaron ser una valiosa herramienta clínica con dicho propósito. Fuss et al, estudiaron el SonoExplorer Mark II Jr. y el Apit II para detectar perforaciones radiculares, y concluyeron que estos localizadores son más confiables, que el método radiográfico para identificarlas¹⁹.

El localizador Neosono última EZ en el hemisferio sur, es conocido como DatApex; es el sucesor de la línea de LEA Sono-Explorer. Este aparato utiliza múltiples frecuencias para determinar la longitud del conducto radicular, que muestra la posición de la lima en el conducto, y también tiene un dispositivo de audio que indica la localización del instrumento²⁰.

López et al citan a De Moor et al, en 1999, realizaron un estudio in vitro y encontraron que esta unidad tenía una precisión del 100% en conductos radiculares húmedos o secos. También, encontraron que esta unidad era poco susceptible a las diferencias entre operadores. Se afirma, que este LEA es rápido y fácil de usar¹⁷.

El Dr. Valente en el año 2009, evaluó la precisión del Neosono ultima EZ en la determinación de la conductometría electrónica, tanto en pulpa vital como, no vital y obtuvo un 91.1% de mediciones aceptables²⁰. El ApexFinder AFA utiliza cinco frecuencias y emplea en su sistema de funcionamiento los principios de impedancia comparativa dentro

de su circuito electrónico. Este LEA se auto calibra y puede realizar mediciones en presencia de electrolitos en el conducto radicular. 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 repique. La pantalla tiene una barra gráfica, que indica el estado del conducto radicular, de esta manera permite al usuario mejorar las condiciones de éste, para lograr una correcta medición²⁰.

Los localizadores de ápices basados en la impedancia, la cual, fue descrita por Hasegawa y col en 1985, explicancómo; “se induce resistencia eléctrica cuando existe un pequeño tubo y una perforación hecha de material aislante en un electrolito. Entre más largo y más pequeño sea el tubo, mayor se vuelve la resistencia”. En la aplicación de este fenómeno al principio del cual opera estos localizadores apicales, el diente simplemente se vuelve un tubo hueco, largo, de pequeño diámetro con baja resistencia en la porción coronal, y un alto valor de resistencia en la región apical de la dentina transparente. Al final del tubo, que corresponde al extremo del diente, hay una fuerte disminución en el valor de la resistencia inducida. El extremo del tubo es el análogo del foramen apical. Al utilizar una lima su punta es infinitamente pequeña en comparación con el área total de la lima. Esto permite la detección de la impedancia inducida por un tubo, incluso en presencia de soluciones de electrodos conductivos¹⁸.

Valente cita a Pommer et al , en el 2002, compararon las mediciones con el ApexFinder y el método radiográfico, y encontraron que el 86% de las puntas de las limas se encontraban a 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 radiculares 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, encontró que la lima se encontraba en el foramen menor, solo en 34.4% de los casos¹⁸.

Olmos et al⁷, en el año 2008, realizaron un estudio para determinar la eficacia clínica del YC-RAF-1 RootApexFinder, en el que señalan que no hubo diferencia significativa en la medición entre el grupo de pacientes que poseía pulpa vital con el otro grupo donde la pulpa estaba necrótica⁷.

El Justy II 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 Justy, es similar al Root ZX. El medidor análogo y el indicador de audio despliegan la posición de la punta del instrumento dentro del conducto radicular. Este aparato puede funcionar correctamente en presencia de electrolitos. Los estudios reportan que éste tipo de localizador tiene una precisión del 82.4% para determinar la localización del área entre el foramen menor y el foramen mayor¹⁸.

Hoer y Attin²¹, en el 2004, hicieron un estudio sobre la determinación de la precisión de la longitud de trabajo electrónica en 51 conductos radiculares, con el localizador Justy II y con el Endy 5000. Concluyeron, que no hubo diferencias significativas entre los hallazgos radiográficos y electrónicos. La probabilidad de determinar el área entre el foramen apical menor y mayor fue, 82.4% para el Justy II, y 81% para el Endy 5000. Sin embargo, una determinación más precisa de la constricción apical fue sólo exitosa en un 51%, por el Justy II y en 64.3%, por el Endy 5000 en los conductos radiculares. La variación de las medidas imprecisas fue mayor para el Endy 5000, que para el Justy II.

López et al citaron a Kobayashi et al, en 1991, reportaron el “método proporcional” para medir la longitud del conducto radicular creando el RootZX. El método proporcional mide simultáneamente la impedancia de dos frecuencias diferentes transmitidas desde el instrumento de sondeo. Puede desempeñarse en presencia de hipoclorito de sodio, sangre, agua, anestésico local y tejido pulpar. La casa fabricante afirma, además que pueden utilizarse limas endodónticas finas sin la necesidad de pre-calibrar los circuitos, antes de localizar los forámenes apicales. Se supone que la medición es fuertemente afectada por la condición eléctrica dentro del conducto radicular y se puede realizar en conductos secos sin ninguna calibración¹⁷.

En un estudio, Shabahang determina que la tasa de precisión clínica era de 96.2% en la localización del ápice con el Root ZX¹⁹.

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 ¹⁸.

El Root ZX valora la gradiente de impedancia, y el Endex valora la diferencia en la impedancia. Numerosos estudios, han reportado un adecuado grado de exactitud de esta generación de LEA; de hecho algunos reportaron que del 79% al 96.2% de las mediciones obtenidas con el Root ZX, se encuentran en un rango de 0.5mm antes del ápice. Sin embargo, cabe notar que en estos 40 estudios usaron una escala no paramétrica ordinal para obtener sus mediciones. El Root ZX ha sido objeto de numerosos estudios ex vivo e in vivo y fue capaz de medir la correcta longitud de trabajo en el 97.37% de los casos; en un estudio ex vivo hecho por Plotino et al, en el año 2006²².

Stoll et al citaron que en otro estudio hecho por Janolio de Camargo et al²³, en el año 2009, se encontraron lecturas precisas y aceptables en un 97.5% de todas las mediciones calculadas. Anteriormente Pagavino et al, en el año 1998 ya habían reportado el rango de precisión en un 82% y Czerw et al, en el año 1995 lo reportaron en un 100%. Las versiones modificadas del Root ZX han sido desarrolladas incluyendo el Dentaport ZX y el Root ZX mini, basándose en la electrónica del Root ZX.

El Root ZX II, es la versión actualizada del Root ZX original con componentes electrónicos originales usados con la adición de una nueva carcasa externa. Es un localizador que los fabricantes afirman ser capaz de medir la longitud del conducto radicular sin ser afectado por el contenido de éste. Este dispositivo está compuesto de dos módulos: uno de medida del conducto radicular y el otro de la pieza de mano de baja velocidad, las cuales son vendidas por separado. Esta pieza puede ser conectada fácilmente al módulo de medición del conducto radicular para realizar tratamientos ²⁴.

Cunha et al²⁴, en el año 2006, realizaron un estudio in vitro para evaluar la habilidad de dos localizadores en la localización del foramen apical y concluyeron que el Root ZX y el Novapex eran dispositivos útiles y precisos para la localización del foramen apical. Posteriormente en el 2010 realizaron otro estudio ex vivo para evaluar la precisión y el coeficiente de fiabilidad en tres LEA, donde se concluyó que éstos poseían un alto coeficiente de fiabilidad, sin embargo el Root ZX-II fue más preciso. El localizador mini Apex y Novapex no fueron tan fiables en la localización de la constricción apical.

Siu et al²⁷, en el 2009 realizaron un estudio comparativo para evaluar la eficacia entre el Root ZX II, el Apex NRG XFR y el Mini ApexLocator para medir la longitud de trabajo utilizando limas rotatorias de níquel-titanio; en donde concluyeron que éstos dispositivos usados con dichas limas fueron capaces de localizar la constricción apical entre ± 0.5 mm sólo en el 50% o menos de las veces.

El Mini ApexLocator utiliza un sistema de medida sofisticado de multifrecuencia, señal digital, un cable 80% más corto que los otros LEA. El fabricante, afirma que todo esto es añadido a la integridad del aumento de señal, fácil operación, y medidas consistentes y fiables²⁴.

Siu et al citaron a Oishi et al²⁷, en el año 2002, hicieron un estudio sobre la detección de constricciones de conductos radiculares de manera electrónica. Llegaron a la conclusión que los ratios de impedancia y valores de medición del Root ZX mostraron una diferencia estadísticamente significativa entre el Grupo A, que estaba conformado por 23 conductos radiculares contritos dentro de los 3 mm del ápice radiográfico y el Grupo B, conformado por 28 conductos radiculares no constrictos dentro de los 3 mm del ápice radiográfico. Por lo tanto, se sugirió que el Root ZX podría ser útil detectando las constricciones de los conductos radiculares.

2.3.5. Cuarta generación

Hacia el año 2002, se introdujo en el mercado un nuevo localizador apical llamado Bingo 1020. El fabricante argumenta que éste, puede ser interpretado como la cuarta generación de los localizadores apicales. Similarmente a la tercera generación, este aparato utiliza dos frecuencias diferentes de 400Hz y 8KHz, producida por un generador de frecuencia variable. A diferencia de estos últimos aparatos, el Bingo 1020 solo utiliza una frecuencia a la vez¹⁸.

El uso de una sola señal de frecuencia, elimina la necesidad de filtros que separen las diferentes frecuencias de la compleja señal. Esto evita el ruido inherente de tales filtros y aumenta la precisión de la medición. Además, los cálculos de la posición de la punta de la lima de Bingo 1020 se basan en mediciones de los valores cuadrados promedio de la raíz de las señales; que expresan la energía de la señal medida y es inmune a los diversos ruidos o distorsiones de la señal que otros parámetros de la señal, tales como, la amplitud o la fase que se utilizan en otros aparatos. Por lo tanto, la combinación de estas dos técnicas aumenta la precisión de la medición y la confiabilidad del aparato. En el panel frontal, el Bingo 1020 presenta 3 botones, para su manejo, facilitando su maniobrabilidad. En el lado izquierdo del aparato, tiene dos receptores: el superior para la conexión externa y el inferior, para el cable conector de medición¹⁸.

Valente cito a Kaufman et al²⁰, en el 2002, compararon este dispositivo con el Root ZX; aunque existió una correlación entre los resultados, la determinación del primero fue más precisa, a 0.08 mm de la constricción apical. El Bingo 1020, es más fácil de usar y bajo condiciones experimentales, las medidas electrónicas fueron más fiables que las radiografías en el proceso de determinación de la longitud de trabajo. Dispositivos similares son, el Raypex, el ProPex y el Apex Pointer.

El ProPex es un localizador de múltiples frecuencias para determinar la longitud del conducto radicular. Una característica importante del ProPex, es que su cálculo está basado en la energía de la señal donde otros localizadores usualmente usan la amplitud de señal. El

manufacturador demanda que la medida de energía es más precisa, no especifica ninguna otra característica técnica y ningún estudio *ex vivo* o *in vivo* fue presentado en la literatura de este localizador²⁰.

Valente cito a Özsezer et al²⁰, encontraron que las medidas de la longitud de trabajo con el ProPex fueron más precisas después de la extirpación de la pulpa, que después, de usar soluciones irrigantes. Sobre éstas, la precisión de la determinación de la longitud de trabajo fue mayor con gluconato de clorhexidina, seguida del hipoclorito de sodio.

El Raypex 5, también, usa dos frecuencias diferentes y sus medidas están basadas en el promedio de los valores de raíz cuadrada de las señales.

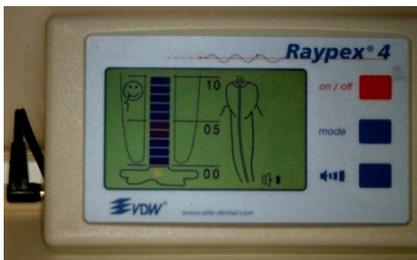


Figura 5. Localizador apical cuarta generación²⁰.

Chopra et al³⁶, en el año 2008, hicieron una evaluación *in vitro* de la precisión de dos localizadores en 10 dientes anteriores unirradiculares. Se concluyó que con los Neosono Systems había una fiabilidad en detectar el ápice de un 80 a 85% y de 85 a 90% con los RaypexSystes. En un estudio hecho por Briseño-Marroquín et al, en el 2008, concluyeron que el Raypex 5 fue capaz de detectar la correcta longitud de trabajo en 80 – 85.59% de los casos. El mismo estudio había sido hecho el año anterior por Wrbas et al, usando los mismos límites, en donde también se detectó una precisión del 80%.

Pascon et al²⁶, en el año 2009, hicieron un estudio *in vivo* en 831 conductos radiculares, donde compararon la determinación de la longitud de trabajo en dos localizadores. Concluyeron que tanto el DentaPort ZX y el Raypex 5 fueron similares en términos de precisión. En el mismo año, estos autores realizaron una comparación *in vivo* de la

determinación de la longitud de trabajo en tres LEA, concluyendo que ninguno tuvo una precisión del 100%. Dentro de las limitaciones del estudio; El ElementsDiagnosticUnit and ApexLocator probó ser menos fiable, que el Dentaport ZX y el Raypex 5 en la determinación de la longitud de trabajo real.

Niño et al²², en el 2006, realizaron un estudio in vitro para determinar la concordancia de tres localizadores y concluyeron que el promedio de las medidas obtenidas por el Bingo 1020, Root ZX y Endex; y por el estándar de oro fueron similares al aplicar un ANOVA en el que no se encontró diferencia significativa entre éstos.

Elayouti et al²⁸, en el 2009, realizaron un estudio clínico para evaluar la consistencia de la función de los localizadores; demostrando que el Root ZX y el Raypex 5 fueron precisos en el 85% de los pacientes evaluados.

Stoll et al²³, en el 2010, evaluaron la efectividad de cuatro localizadores en la determinación de la distancia hasta el foramen apical y concluyeron que el Denta ZX y el Root ZX mini tenían la mejor concordancia entre longitudes reales y lecturas de medición. Sobre el Raypex 5, no se puede recomendar una interpretación de las zonas coloreadas, como una distancia al foramen y podría guiar a interpretaciones erróneas.

Hoer y Attin²¹, hallaron que los localizadores multifrecuencia determinan bien la zona situada entre la constricción y el foramen apical, pero no son tan precisos para localizar la primera. Por ello al alcanzar la constricción apical se aconseja sobrepasarla ligeramente, con lo que el dispositivo alerta de que la punta de la lima ha alcanzado el tejido periodontal. Si se retira ligeramente y el dispositivo señala de nuevo la zona de la constricción apical, aumenta la certeza acerca de su ubicación.

Valente cito a Welk et al²⁰, hallaron mayor fiabilidad a los resultados 50, conseguidos mediante Root ZX, más recientemente Selnik y cols, no han encontrado diferencias entre ElementsDiagnostic y Root ZX.

El uso de estos dispositivos con varias frecuencias, permite una aceptable localización de la constricción apical, con una fiabilidad y reproducibilidad de los resultados, esperanzadora. Como todo, requiere un aprendizaje y seguir unas normas para evitar una serie de problemas frecuentes²⁰.

2.3.6. Quinta y sexta generación

En el 2003, se introdujo, ElementsDiagnosticUnit and ApexLocator (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 Khz³².

La quinta y sexta generación de localizadores se diferencia de la anterior, en que incorporan un procesador matemático en el localizador del foramen, entre estos se encuentran el localizador de alta tecnología con pantalla táctil.

Localizador apical de alta tecnología con pantalla táctil.

Características y desventajas:

- Fija nuevos estándares en cuanto a comodidad de utilización y diseño.
- Interfaz de usuario inteligente.
- Pantalla táctil única de color.
- Características "plug-and-start" y "plug-and-check."
- Plegable para guardarlo de forma protegida.
- Determinación de longitud precisa.
- Novedosa tecnología multifrecuencia de localizador de ápices.
- RAYPEX Apical Zoom por separado con colores.

- Interfaz intuitiva, menú intuitivo.
- Ajuste personalizado.



Figura 6. Localizador apical quinta y sexta generacion³².

2.3.7. Indicaciones

Los localizadores apicales pueden ser utilizados en el día a día, facilitan la determinación de la longitud de trabajo en casos donde la porción apical del sistema de conductos radiculares no puede ser observada radiográficamente por la presencia de estructuras que obstruyan su visibilidad, como, dientes implantados, torus o el proceso malar, el arco cigomático, cuando existe densidad de hueso excesiva o aún en patrones de hueso medular y cortical normal.

Es recomendable en el tratamiento de pacientes embarazadas para reducir la exposición de radiación, en niños que no toleren la toma de radiografías, y en pacientes discapacitados o pacientes sedados. Así mismo, si un paciente no tolera el posicionamiento de la radiografía por reflejo de náuseas, este puede ser una herramienta útil, y así, como, en pacientes con enfermedad de Parkinson, los cuales no tienen la capacidad de mantener la radiografía en su sitio¹⁵.

Las perforaciones radiculares son complicaciones serias que ocurren en 3 a 10% de los tratamientos de conductos radiculares. Cualquier tipo de perforación en el ligamento periodontal tiene un mal pronóstico a largo plazo, pero la detección temprana de este error de procedimiento y su tratamiento temprano mejora su pronóstico. El diagnóstico de perforaciones radiculares se realiza mediante una combinación de síntomas y signos. Una ayuda diagnóstica en esta situación, es el localizador, ya que, cuando existe una perforación

hacia vestibular o lingual se superpone con la imagen del conducto radicular y su detección es muy complicada.

Cuando un diente está involucrado en un episodio traumático e inflamación crónica de la pulpa o tejido periapical o ambos que terminan en reabsorción apical, puede ser difícil establecer la longitud de trabajo, si la constricción apical ha sido patológicamente alterada. En estos casos la combinación de sensación táctil, y la radiografía tienen limitaciones importantes para determinar la longitud ideal, siendo una ayuda la utilización de los localizadores que han demostrado una exactitud del 62.7 al 94%. Es recomendable en estos casos utilizar limas de mayor calibre para lograr una medición más exacta¹⁵.

Se recomienda utilizarlos a diario, en prácticamente todos los pacientes. El entrenamiento mejora de forma notable la precisión en las determinaciones. En los dientes plurirradiculares, la cámara no debe estar inundada por la solución irrigadora, solo los conductos radiculares. La cámara puede estar húmeda, pero solo los conductos radiculares pueden estar llenos de la solución. El exceso de la humedad dificulta la precisión de los resultados. El diente deberá estar bien aislado.

Si existe una comunicación de la cámara pulpar con la cavidad bucal a través de una caries, se obtendrán determinaciones erróneas¹⁵. La determinación electrónica no excluye la realización de radiografías. Estas informan acerca de la morfología de los conductos. Creemos que el mejor procedimiento clínico es efectuar las dos determinaciones. El valor de ambas permitirá aumentar la fiabilidad en el cálculo de la longitud de trabajo. Ante una discrepancia entre ambas determinaciones, la inclinación es aceptar la electrónica por la imposibilidad de percibir de forma visual en una radiografía la posición de la constricción y el foramen apical.

Estos dispositivos son útiles para localizar la zona de una fractura radicular o de una perforación, pues se comportan de igual manera que el tejido periapical. La eliminación de la mayor cantidad posible de tejido pulpar facilita el trabajo de los localizadores apicales.

Hay que usar la lima de mayor calibre posible para que se ajuste a las paredes de la zona final del conducto radicular, ya que, la precisión de la determinación aumenta¹⁵.

2.4. Indicaciones del fabricante

El Propexspixi™ es un aparato diseñado para detectar el menor diámetro apical, basado en el análisis de las propiedades eléctricas de diferentes tejidos dentro del sistema de conductos radiculares³⁷.



Figura 7. Aporte propexspixi³⁷.

2.4.1. Indicaciones de uso

Propexspixi™ es un aparato electrónico usado para la localización del ápice durante el tratamiento de los conductos radiculares. Este solo debe ser usado en ambiente hospitalario, clínicas o gabinetes dentales, por profesionales cualificados³⁷.

2.4.2. Contraindicaciones

No se recomienda el uso de Propexspixi™ en pacientes que lleven marcapaso u otros aparatos.

2.4.3. Advertencia

Las indicaciones de la escala en la pantalla del Propexspixi™ no representan la longitud o distancia en milímetros u otras unidades lineales, simplemente indica la progresión de la lima en dirección al ápice³⁷.

Los siguientes factores relativos a pacientes son:

- a. Conductos radiculares bloqueados.
- b. Dientes con ápices grandes.
- c. Fractura radicular o perforación.
- d. Coronas o puentes metálicos, si se contacta con la lima o con el clip labial.

Lecturas incorrectas o inexactas debido al ambiente

Pueden ocurrir en los siguientes casos:

- Presencia en los alrededores de transmisores de radio frecuencias portátiles, los negatoscopios u otros aparatos lumínicos que usen un inversor, pueden causar un funcionamiento anormal del localizador de ápices. Estos aparatos deberían apagarse durante el uso del Propexspixi™.

- La interferencia electromagnética puede causar funcionamiento incorrecto del aparato. En estos casos el comportamiento del equipo puede ser errático o anormal. El uso de aparatos que emiten radiación electromagnética, tales como, teléfonos móviles, mandos a distancia, transmisores, etc., deberían prohibirse cerca de Propexspixi™³⁷.

2.4.4. Precauciones

Nota importante

El uso solo de localizadores de ápice sin radiografías pre y postoperatoria, no es una práctica recomendada, ya que los localizadores de ápice puede que no trabajen correctamente en todas las condiciones. Se recomienda hacer una radiografía antes de usar la unidad, y comparar la información obtenida por ambos métodos. En caso de una discrepancia clínica notable, se recomienda tomar una segunda radiografía con una lima en el conducto a la longitud de trabajo. Es importante seguir las precauciones abajo indicadas y prestar atención a cualquier condición o situación que pueda influir en la conductividad eléctrica durante el procedimiento³⁷.

Lecturas erróneas o no exactas pueden ocurrir:

- Conducto parcialmente bloqueado.
 - Tamaño de la lima de medida significativamente diferente del diámetro del conducto, idealmente, la lima elegida debería ser la de mayor tamaño capaz de alcanzar el ápice.
 - Presencia de líquidos y/o restos tisulares en la cavidad de acceso. Antes de usar el aparato, la cavidad de acceso debe secarse con una bolita de algodón, para evitar contacto por filtrado.
 - Contacto de la lima o del clip labial con estructuras dentales metálicas. Ser particularmente cuidadosos con los pacientes que lleven coronas o puentes metálicos.
 - Contacto de la lima con otro instrumento.
 - Conducto muy seco, por ejemplo, cuando existe una restauración. En este caso el conducto debe humedecerse con una solución irrigante o con Glyde™.
 - Contacto de la lima con las encías (esto puede causar una lectura incorrecta que indique que se ha alcanzado el ápice)³⁷.
 - Uso de un ultrasonido para limpieza dental con el electrodo colocado en el paciente (el ruido eléctrico del ultrasonido puede interferir con la localización del ápice).
 - Uso del localizador de ápices, a la vez que un bisturí eléctrico.
 - Utilización de un clip labial, gancho u horquilla dañados.
- Para la localización del ápice, las concentraciones al 5% de NAOCL pueden reducir la exactitud.
- como precaución de seguridad para evitar sobre instrumentación, se recomienda actuar de la siguiente manera: colocar la lima sobre una regla endodóntica cuando el Propexspixi™ indique '0.0'. Restar un mínimo de 0.5 mm a la medida obtenida³⁷.

Seguir las siguientes precauciones:

- Para su propia seguridad, utilizar equipos de protección personal (guantes, gafas, mascarilla).
- Esta unidad Propexspixi™ no debe estar conectada o usarse junto a cualquier otro aparato o sistema. No debe usarse como un componente integral de cualquier otro aparato o sistema. El uso de recambios o accesorios no suministrados por el fabricante original o vendedor, puede afectar de forma negativa el funcionamiento EMC del Propexspixi™.

- La unidad debe usarse solo con los accesorios originales del fabricante.
- Desenchufar el aparato antes de cambiar la batería.
- Nunca usar baterías que estén rotas, deformadas, decoloradas o con otra anomalía.
- En caso de que la batería pierda líquido, con cuidado, secar los terminales de la batería y eliminar el líquido vertido. Luego, reemplazar la batería por una nueva.
- Eliminar las baterías viejas siguiendo las normas y regulaciones locales.
- Los accesorios, incluyendo los clips labiales, ganchos u horquillas, deben estar limpios y sin ningún residuo de desinfectantes químicos u otras soluciones medicinales como el hipoclorito sódico o el formol.
- No exponer el Propexspixi™ a ningún líquido.
- El Propexspixi™ debe almacenarse en condiciones de temperatura ($< 60^{\circ}\text{C}$)³⁷.

2.4.5. Reacciones adversas

Si el localizador de ápices muestra una lectura incorrecta y no tenemos una radiografía, pueden ocurrir las siguientes situaciones adversas:

- Tratamiento incompleto del conducto radicular.
- Perforaciones de ápice.

2.4.6. Instrucciones de uso paso a paso

Comprobar el contenido del equipo antes de su uso.

- a) Localizador de ápices Propexspixi™.
- b) Cargador.
- c) Cable de medida con clip.
- d) Dos clips para el labio.
- e) Gancho de conectar.



Figura 8. Aporte Propexspixi³⁷.

Conexión del adaptador de corriente

Seleccionar el adaptador que coincida con la toma eléctrica.

Alinear e insertar el adaptador en el borde redondeado y colocarlo en su lugar hasta el extremo opuesto, hasta escuchar un chasquido. Para desmontarlo, presione el botón de cierre (A) y tire hacia afuera del adaptador³⁷.

Recarga de la batería

Propexspixi™ está equipado con baterías recargables. Cuando la batería está baja, el indicador de la batería aparece en la barra de estado del aparato. Cuando el icono de la batería parpadea, es necesario recargar la batería³⁷.

Sin embargo, aún puede funcionar durante varios tratamientos, antes de que el aparato se apague. Procedimiento para recargar las baterías:

- a. Desconectar el cable de medida.
- b. Conectar el cable del cargador al Propexspixi™.
- c. Enchufar el cargador a la red durante la carga de las pilas, el símbolo de la pila primero parpadeará. Luego, cuando la pila esté cargada, permanecerá fijo.

Duración de carga: Aproximadamente 12 horas (24 horas después de un período largo de no usarlo). Nota: Propexspixi™ no se puede usar mientras se está cargando.

Recambio de la batería recargable

Propexspixi™ utiliza una pila recargable 1.2V AAA NiMH. Si una pila totalmente cargada no es suficiente para que el aparato funcione normalmente durante al menos un día, se debería reemplazar cuanto antes la batería por una nueva. La nueva batería debe cargarse durante 24 horas antes de su primer uso³⁷.

Advertencia: Solo usar pilas GP100AAAHC o compatibles de NiMH recargables. El uso de pilas no recargables puede dañar el aparato. El compartimento de la pila se localiza en la parte trasera del Propexspixi™. Con cuidado levantar y quitar la tapa de silicona para acceder al tornillo, aflojar el tornillo³⁷.

Test de conexión del cable

Se incluye un test de conexión en el Propexspixi™ para comprobar los cables:

- a) Conectar el cable de medida y encender el aparato.
- b) Conectar la parte metálica del gancho de conexión al clip de labio. Asegurarse que los accesorios estén perfectamente limpios antes de realizar el test.
- c) El icono de “Test de conexión” debería aparecer en la barra de estado, si no aparece el icono, habría que sustituir el gancho de conexión o el cable de medida³⁷.

Localización del ápice

- a) Desconectar el cargador del aparato si estuviera conectado.

Conectar el cable de medida y encender el aparato presionando el botón de “Encendido/Apagado” en la parte superior del aparato. La primera barra empezará a parpadear. Colocar el clip de labio al paciente.

- b) Insertar la lima en el conducto.
- c) Nota: para asegurar un funcionamiento óptimo, el tamaño de la lima debería estar ajustado al diámetro del conducto.
- d) Conectar el gancho de conexión al vástago metálico de la lima. La primera barra dejará de parpadear y sonará una señal acústica doble. Nota: Una barra que parpadea indica una conexión fallida. Si ocurriera, comprobar las conexiones de los cables, limpiar el gancho de conexión y el clip de labio, humedecer el conducto si fuera necesario y empezar de nuevo. No se requieren otros ajustes antes de empezar la localización del ápice³⁷.

Localización del ápice

Avanzar la lima con giros lentos en sentido de las agujas del reloj. En la zona periapical, la barra 2.0 se ilumina y se escucha una señal acústica. Al progresar la lima por el conducto, las siguientes barras se iluminan gradualmente y el intervalo entre los pitidos se acorta. Si la gráfica, en la parte alta del conducto, hace repentinamente un gran movimiento, continuar suavemente hacia el ápice y la señal acústica volverá a la normalidad³⁷.

Advertencia

La escala en la pantalla del Propexspixi™ no representan una longitud o distancia definida en mm, u otras unidades lineales de medida. Simplemente, indica la progresión de la lima hacia el ápice.

Zona apical: la zona apical se divide en 3 barras graduadas desde 1.0 a 0.0 ápice.

Cuando se alcanza el ápice, se escucha un tono continuo. La indicación 0.0 en la pantalla del Propexspixi™ muestra la posición de la lima en el menor diámetro del foramen apical (la longitud apical). Nota: Como precaución de seguridad para evitar sobre instrumentación, se recomienda colocar la lima sobre una regla endodóntica, cuando el Propexspixi™ indique '0.0', restar un mínimo de 0.5 mm a la medida obtenida³⁷.

Sobre instrumentación, un segmento rojo con la palabra "Over" y una advertencia acústica (sonidos rápidos intermitentes) indican que la lima ha sobrepasado el ápice. Ajuste de sonido Propexspixi™, está equipado con un indicador de sonido que posibilita la monitorización de la progresión de la lima en el conducto, además del control visual. El volumen se puede ajustar en cuatro niveles diferentes: silencio, bajo, normal y alto, presionando sucesivamente el botón de "Volumen". Cuando el sonido está eliminado el icono está apagado. Para otros niveles de sonido el icono permanece encendido³⁷.

Modo demo

El modo demo está disponible para acostumbrarse al aparato, y enseñar su funcionamiento.

- a) Desconectar el cable de medida o el cargador del aparato, si estuvieran conectados, y apagar el aparato.
- b) Para empezar el modo demo, presionar y mantener apretado el botón de "Encendido/Apagado" durante 2 segundos, hasta que toda la pantalla se encienda e inmediatamente se apague acompañado de dos pitidos.
- c) Durante el ciclo de demostración, la secuencia de funcionamiento del aparato se muestra en la pantalla.
- d) Los ciclos de demostración se repiten automáticamente, hasta que el profesional los detenga.

e) Para salir del modo demo, presionar el botón de “Encendido/Apagado” y mantenerlo apretado hasta que suene un pitido. El aparato se apaga. Nota: Si el cable de medida no está conectado al Propexspixi™ durante el ciclo de demostración, el aparato selecciona automáticamente el modo de funcionamiento normal³⁷.

Apagado automático

Propexspixi™ se apaga automáticamente después de 3 minutos sin usarse. Para prolongar la vida de la batería, se recomienda apagar el aparato después de su uso, presionando el botón de “Encendido/Apagado”.

2.5. Impedancia eléctrica

Impedancia = resistencia + reactancia.

La resistencia, es el valor de oposición al paso de la corriente (sea corriente continua o corriente alterna) que tiene el resistor o resistencia. La reactancia, es el valor de la oposición al paso de la corriente alterna que tienen los condensadores (capacitores) y las bobinas (inductores). En este caso existe la reactancia capacitiva debido a los condensadores y la reactancia inductiva debido a las bobinas. Cuando en un mismo circuito se tienen estos elementos combinados (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: impedancia¹⁴.

La impedancia al igual que la resistencia también se mide en Ohmios (Ohms). Y es la suma de una componente resistiva (debido a las resistencias) y una componente reactiva (debido a las bobinas y los condensadores)¹⁴.

2.6. Utilización clínica

Los localizadores apicales son muy prácticos y de fácil manipulación. Estudios clínicos han demostrado una exactitud del 90%, si se los utiliza correctamente.

Pueden ser empleados además:

- Para detectar perforaciones radiculares y del piso pulpar.

- Para detectar fracturas horizontales o verticales de la raíz.
- En el diagnóstico de reabsorción externa que ha invadido el espacio pulpar.

2.7. Consideraciones anatómicas a tomar en cuenta en la estructura dental

El diente

Es un componente del aparato masticatorio, se encuentra anclado en los maxilares a través de una estructura llamada periodonto y sus funciones son: masticación, fonación, estética y deglución.



Figura 9. Sección vertical de un diente mostrando sus tejidos constituyentes y la cavidad dental³⁸.

Esmalte dental

Forma la superficie externa de la corona anatómica. Es el tejido más densamente mineralizado y más duro del cuerpo humano. La composición química del esmalte es un 96% de materia inorgánica y un 4% de materia orgánica y agua.

El esmalte dental da una imagen más radiopaca que otros tejidos, porque es la sustancia natural más densa del organismo, por lo tanto absorbe gran cantidad de rayos X.

Dentina

Forma la porción principal o cuerpo del diente; comprende el mayor volumen del diente porque forma la parte más grande la de corona y de la raíz. La dentina es un tejido duro, denso,

calcificado. Es más blando que el esmalte pero más duro que el cemento o el hueso. Su composición química es un 70% de materia inorgánica y un 30 % de materia orgánica y agua.

La dentina, debido a su menor contenido mineral, presenta una imagen radiográfica radiopaca que es comparable con la del hueso. La unión amelodentinaria, entre el esmalte y la dentina, se visualiza como una superficie clara radiolúcida que separa estas dos estructuras.

2.7.1. Ápice anatómico

Es la punta o el extremo de la raíz determinados morfológicamente. Es importante saber que el término vértice radicular se refiere a la punta de la raíz, sin considerar la salida del conducto radicular³⁰.

2.7.2. Ápice radiográfico

Es la punta o extremo de la raíz determinado en la radiografía. La morfología y la distorsión radiográfica en la raíz pueden hacer que la localización del ápice radiográfico varíe respecto del vértice anatómico³⁰.

2.7.3. Ápice fisiológico o construcción apical

Es la porción del conducto radicular que tiene el diámetro más estrecho. Esta porción es variable, pero por lo general queda a 0.5 a 1.0 mm del centro del agujero apical³⁰.

2.7.4. Foramen apical

Es la circunferencia o el borde redondeado que separa la determinación del conducto de la superficie externa de la raíz. Es el principal orificio apical del conducto radicular³⁰.

2.7.5. Conducto radicular

Está constituido por dos conos unidos por sus vértices, uno largo o dentinario y uno menor o cementerio³⁰.

2.7.6. Calibre del conducto radicular

Existen dos tipos de calibre en los conductos radiculares: calibre transversal y calibre longitudinal³⁰.

El calibre transversal está relacionado con la edad del paciente y no es constante. Así como la cámara pulpar experimenta una disminución en su volumen por la aposición de dentina, así mismo los conductos radiculares se van obliterando con el paso de la edad, de tal forma que la luz del mismo disminuye. Adicional a esto, estas estrecheces pueden darse solamente por zonas y no afectar a todo el conducto. Por otro lado, puede pasar lo inverso, es decir, encontrar ensanchamientos del conducto a causa de reabsorciones internas. En cuanto al calibre longitudinal vemos que el diámetro del conducto va disminuyendo progresivamente de mayor a menor, desde el piso cameral hasta llegar a la región apical, no obstante, hay 3 variaciones:

- Paredes convergentes hacia el ápice.
- Paredes paralelas.
- Paredes divergentes.

En casos en los que no ha terminado la formación de la raíz en dientes jóvenes, se presenta un mayor diámetro del conducto en la región apical que en la cervical.

2.7.7. Dirección del conducto radicular

Usualmente el canal radicular de cada raíz sigue el eje que ella le traza.

De este modo tenemos que los conductos radiculares pueden presentar las siguientes direcciones:

- Recta. El conducto radicular sigue el eje longitudinal de la raíz.
- Curva o arciforme. El conducto radicular sigue la curvatura no pronunciada de la raíz.
- Dislacerada o acodada. El conducto radicular sigue la curvatura marcada, con angulaciones que presenta la raíz³¹.

2.8. Importancia de la conductometría

La determinación precisa de la longitud del conducto radicular es un factor clave para el éxito de la terapia endodóntica. Es de todos aceptado que la preparación y obturación del conducto debe finalizar a nivel de la unión cemento-dentinaria, lo cual ha de ser definido como el punto más apical de la pulpa dental³⁶.

El procedimiento para determinar la longitud del diente establece la extensión apical de la instrumentación y el último nivel apical de la obturación del conducto radicular. El no determinar con precisión la longitud del diente, puede conducir a la perforación apical y a la sobre-obturación, acompañadas frecuentemente de dolor postoperatorio. Además, puede anticiparse un período de reparación prolongado y mayor índice de fracasos debido a la regeneración incompleta de cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar³⁶ .

El no establecer con exactitud la longitud de los conductos, también puede conducir a la instrumentación incompleta y a la obturación deficiente, con los problemas afines.

CAPÍTULO 3. LA PROPUESTA

3.1. Formulación de hipótesis

He. El uso de localizador apical reduce el margen de error que se pueda presentar en la toma de longitud de trabajo.

Hn. El uso de localizador apical no reduce el margen de error que se pueda presentar en la toma de longitud de trabajo.

3.2. Operacionalización de las variables

Variables	Definición	Indicador	Dimensión
Métodos de obtención de longitud de trabajo	Los métodos utilizados para la obtención de la longitud radicular son localizador apical y radiografía convencional	Contrición apical de cada diente. Película periapical	Medidas milimétricas con la regla endodóntica y localizador apical
Longitud real del diente	Constituye una dimensión crítica que se extiende desde un punto de referencia coronario hasta el ápice dental	Distancia entre el borde incisal u oclusal y el ápice dental	Incisal-apical Oclusal-apical
Longitud de trabajo	Es la distancia que se toma para realizar un tratamiento endodóntico	Distancia inciso-apical (mm)	mm-distancia inciso-apical ocluso-apical
Longitud de los dientes en sistema radiográfico convencional.	Son los valores obtenidos de las mediciones de los dientes en las radiografías convencionales.	Distancia entre el borde de referencia coronal y el borde de referencia apical	Incisal-vertice radiográfico oclusal-vertice radiográfico

CAPÍTULO 4. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Diseño metodológico

El presente trabajo de investigación comprende un diseño de estudio experimental in vitro, consistió en probar una variable, que es, el uso del localizador apical, sin ningún tipo de recolección aleatoria, tomando en cuenta un antes y un después.

4.2. Universo y muestra

Universo: las referencias fueron dientes humanos extraídos; anteriores, premolares y molares de diferentes consultas privadas.

Muestra: compuesta por 60 elementos muestrales distribuidas en 3 grupos (anteriores, premolares, molares) a las cuales les fueron tomadas una radiografía inicial con el método radiográfico convencional y fueron medidas cada una con la regla endodóntica milimetrada.

4.3. Unidad de análisis estadístico

Diferencias entre la longitud de trabajo del localizador apical en la determinación de la longitud radicular comparada con la longitud de la radiografía convencional y la longitud real de los dientes examinados.

4.4. Criterios de inclusión y exclusión

4.4.1. Criterios de inclusión

Dientes permanentes unirradiculares.

Dientes permanentes birradiculares.

Dientes permanentes multirradiculares.

Ausencias de reabsorciones internas, externas y cervicales.

4.4.2. Criterio de exclusión

Dientes con tratamientos endodónticos realizados previamente.

Dientes sin formación apical o resorción apical.

4.5. Técnicas y procedimiento para la recolección y presentación de la información

Elaboración y envío de comunicación a la directora del departamento de biología de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña solicitando los permisos necesarios para el uso del microscopio, para tomar imágenes de dicho instrumento. Se utilizó un laboratorio de la clínica de odontología Dr. René Puig Bentz, donde se realizó el experimento con las muestras.

Se escogieron 60 dientes humanos extraídos en consultas privadas y públicas. Esa cifra fue el total de la muestra. Luego de obtener las muestras, se lavaron por 10 minutos en NaOCl 5.25% y se almacenaron en solución salina al 0.9% (ver figura 15) hasta el momento de iniciar la apertura, se enumeraron los dientes y se realizó una radiografía con el sistema convencional tipo #1 D-speed de CareStream Dental, al diente (ver figura 17-18). El procesamiento radiográfico convencional fue realizado mediante los líquidos de revelado con el tiempo total de procesamiento de 4,5 minutos, lavado y fijado en temperatura de 28C (ver figura 11). Las imágenes radiográficas convencionales fueron medidas, con una regla endodóntica milimetrada desde el borde incisal hasta el ápice radiográfico. (Ver figura 8).

Se realizaron las aperturas y extirpación de la pulpa dental, luego los dientes fueron fijados de forma vertical en un contenedor plástico con alginato (ver figura 24), se tomó una lima No.15 Flexofile en la cual se transfirió la longitud al instrumento endodóntico, usando topes de goma y el clic labial en agua (ver figura 25), luego el electrodo conectado a una lima No.15 entre el tope de goma y el mango de la lima, se introdujo en el conducto radicular, observando la señal en el monitor marcando 0.0 mm, que es la referencia a utilizar, se verificó que el instrumento alcanzo la longitud que dio el localizador apical, mirando a través del microscopio el foramen apical clínicamente del diente extraído, si el instrumento endodóntico estaba fuera del mismo. Luego se compararon las medidas de la radiografía convencional, longitud real y la del localizador apical para así, comprobar la efectividad del localizador apical.

Para mejor entendimiento del trabajo se emplearon los términos "convencional-patrón oro, localizador apical- patrón oro".

4.6. Plan estadístico de análisis de la información

La base de datos se realizó en Excel y se importó en el paquete estadístico SPSS 18.0. Se realizó tablas de frecuencias y la prueba de normalidad para analizar el comportamiento de los datos en las variables (patrón oro, método convencional, método localizador apical) las diferencias entre el patrón oro vs localizador y patrón oro vs convencional, y así determinar si los datos se comportan como una distribución normal o no.

Se realizó la prueba T-Student para muestras relacionadas de los diferentes métodos con respecto al patrón oro. Para el caso de las diferencias se realizaron pruebas no paramétricas, ya que estas no cumplen los supuestos de normalidad, en este caso se realizó la Prueba de Kruskal-Wallis que es equivalente al ANOVA y la prueba de U de Mann-Whitney que es equivalente a la T-Student estas pruebas contrastan si existe diferencias entre las categorías de las variables analizadas.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS

5.1. Resultados del estudio

Los resultados que a continuación se presentan, están orientados directamente para cada uno de los objetivos planteados en el estudio, los cuales persiguen hacer comparaciones entre los dos métodos utilizados para la determinación de la longitud de trabajo que se utiliza en el tratamiento endodóntico y contrastar estos con los datos obtenidos en otros estudios. Se tomaron 60 muestras, con un total de 201 mediciones (tres por cada muestra), 60 mediciones correspondientes al patrón oro (longitud real), 60 en método radiográfico convencional y 81 conductos en el método del localizador apical, donde 35 eran anteriores, 26 premolares y 20 molares.

Tabla 1. Distribución de la muestra evaluada según tipo de diente

Tipo de diente	Frecuencia	Porcentaje
Anterior	<i>35</i>	<i>43.2</i>
Premolar	<i>26</i>	<i>32.1</i>
Molar	<i>20</i>	<i>24.7</i>
Total	<i>81</i>	<i>100.0</i>

Fuente: Propia de los autores.

En la Tabla 1 se observa que la mayor cantidad de muestras evaluadas correspondieron a; los dientes anteriores (43.2%), mientras la menor responde a los molares (24.7%); para un total de 60 muestras y 81 conductos evaluados.

Tabla 2. Distribución de la ubicación de los conductos encontrados

Ubicación	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Distal	<i>3</i>	<i>3.7</i>	<i>3.7</i>	<i>3.7</i>
Palatino	<i>12</i>	<i>14.8</i>	<i>14.8</i>	<i>18.5</i>
Vestibular	<i>9</i>	<i>11.1</i>	<i>11.1</i>	<i>29.6</i>
Disto Vestibular	<i>3</i>	<i>3.7</i>	<i>3.7</i>	<i>33.3</i>
Mesio Lingual	<i>3</i>	<i>3.7</i>	<i>3.7</i>	<i>37.0</i>
Mesio Vestibular	<i>6</i>	<i>7.4</i>	<i>7.4</i>	<i>44.4</i>
Mono conducto	<i>45</i>	<i>55.6</i>	<i>55.6</i>	<i>100.0</i>
Total	<i>81</i>	<i>100.0</i>	<i>100.0</i>	

Fuente: Propia de los autores.

En la Tabla 2 se observa la ubicación de los conductos radiculares para cada muestra. El 55.6%(45/81) presenta un solo conducto (mono conducto). Dentro de los multirradiculares; el 14.8% (12/81) correspondió a los conductos palatino, y el 3.7% (3/81) a los conductos disto vestibular y mesio lingual respectivamente. El conducto palatino fue de mayor frecuencia de aparición 14.8% (12/81), mientras, el de menor frecuencia, fue el vestibular 11.1% (9/81).

Tabla 3. Rangos. Análisis de las diferentes pruebas de Krukall-wallis

	Tipo de diente	Frecuencia	Rango promedio
Diferencia patrón oro Vs localizador	Anterior	35	32.83
	Premolar	26	48.40
	Molar	20	45.68
	Total	81	
Diferencia patrón oro Vs convencional	Anterior	35	34.34
	Premolar	26	45.77
	Molar	20	46.45
	Total	81	

Fuente: Propia de los autores.

En la Tabla 3 se observan los rangos promedios de la diferencia entre el patrón oro y los diversos métodos utilizados (localizador y convencional) según tipo de diente (anterior, premolar y molar). En cuanto a la diferencia entre el patrón oro y el localizador se observó que el mayor promedio corresponde a los premolares (48.40), mientras que en la diferencia del patrón oro y el método convencional el mayor promedio fue para los molares (46.45).

Estos valores obtenidos en cada uno de los métodos utilizados difieren de manera significativa al valor de la longitud real (patrón oro), de la misma manera, en la práctica clínica las discrepancias existentes de dichas mediciones pueden alterar el curso de los diversos tratamientos en endodoncia, como en el caso de la determinación de longitud de trabajo, instrumentación y obturación en endodoncia.

Tabla 4. Rango promedio para la diferencia entre los métodos en relación al patrón oro

Conducto ubicación		Frecuencia	Rango promedio	
Diferencia patrón oro Vs localizador	dimension 1	Distal	3	28.67
		Palatino	12	55.08
		Vestibular	9	42.56
		Distal Vestibular	3	61.67
		Mesial Lingual	3	26.33
		Mesial Vestibular	6	44.50
		Mono conducto	45	36.89
		Total	81	
Diferencia patrón oro Vs convencional	dimension 1	Distal	3	31.50
		Palatino	12	65.42
		Vestibular	9	40.44
		Distal Vestibular	3	59.83
		Mesial Lingual	3	24.00
		Mesial Vestibular	6	44.92
		Mono conducto	45	34.59
		Total	81	

Fuente: Propia de los autores.

La Tabla 4 muestra que la ubicación del conducto con mayor rango promedio para la diferencia patrón oro Vs localizador, es el distal vestibular con 61.67, mientras que en la diferencia patrón oro vs convencional se observa que el mayor promedio con 65.42, es el palatino. Mostrando así que el método de radiografía convencional fue más preciso en la ubicación del conducto radicular.

Tabla 5. Rangos promedio para la diferencia entre los métodos en relación al patrón oro y su punto de referencia. Prueba de U de Mann-Whitney

Comparaciones	Punto de referencia	Frecuencia	Rango promedio
Diferencia patrón oro Vs localizador	Incisal hacia apical	35	32.83
	oclusal hacia apical	46	47.22
	Total	81	
Diferencia patrón oro Vs convencional	Incisal hacia apical	35	34.34
	oclusal hacia apical	46	46.07
	Total	81	

Fuente: Propia de los autores.

En la Tabla 5 se muestran los rangos promedios y estadísticos de contraste para las diferencias entre los métodos utilizados para la toma de longitud de trabajo (patrón oro, el método localizador y el método convencional). Siendo así los posteriores con un rango promedio de 47.22, en el método patrón oro vs localizador apical a diferencia del patrón oro Vs método convencional con un valor de 46.07, en las comparaciones para la obtención de la longitud de trabajo, el método localizador apical vs patrón oro es más certero en los dientes posteriores.

Para las variables número de conducto, punto de referencia y lima fuera del foramen apical se utilizó la prueba U de Mann-Whitney debido a que estas variables son dicotómicas.

Tabla 6. Estadísticos de contraste^a

Prueba de contraste	Diferencia patrón oro Vs localizador	Diferencia patrón oro Vs convencional
U de Mann-Whitney	<i>519.000</i>	<i>572.000</i>
W de Wilcoxon	<i>1149.000</i>	<i>1202.000</i>
Z	<i>-2.729</i>	<i>-2.225</i>
Sig. asintót. (bilateral)	<i>.006</i>	<i>.026</i>

Variable de agrupación: Punto de referencia. Fuente propia del autor.

En la Tabla 6 se observa que para la diferencia patrón oro Vs localizador el p-valor =0.006 <0.05 y para la diferencia patrón oro Vs convencional p-valor=0.026<0.05, lo que permite concluir que las diferencias existentes en estas variables de acuerdo a el punto de referencia, mostraron que hay diferencias en cuanto al grupo dentario, siendo los posteriores de mayor promedio en la obtención de longitud de trabajo.

Tabla 7. Rangos promedios del número de conducto para cada una de las diferencias (patrón oro vs localizador y vs convencional)

Numero de conductos		Frecuencia	Rango promedio	Suma de rangos
Diferencia patrón oro Vs localizador	1.00	45	29.08	1308.50
	2.00	18	39.31	707.50
	Total	63		
Diferencia patrón oro Vs convencional	1.00	45	27.42	1234.00
	2.00	18	43.44	782.00
	Total	63		

Fuente: Propia de los autores.

La Tabla 7 muestra los rangos promedios del número de conducto para cada una de las diferencias (patrón oro vs localizador y vs convencional). Se observó que para cada caso el $p\text{-valor} < 0.05$, lo que permite concluir que existen diferencias estadísticamente significativas de las diferencias del patrón oro según el método localizador y el convencional de acuerdo al número de conductos.

Tabla 8. Estadísticos de muestras relacionadas. Patrón oro relacionado con los dos métodos (convencional y el localizador apical)

Relaciones		Media	Frecuencia	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Patrón oro	21.438	81	3.1497	.3500
	Método Convencional	22.546 9	81	2.62312	.29146
Par 2	Patrón Oro	21.438	81	3.1497	.3500
	Método Localizador apical	21.018 5	81	2.52642	.28071

La Tabla 8 muestra la media de cada una de las medidas para el primer caso (par 1) patrón oro y método convencional. Se observó que la media del método convencional difiere de la media del patrón oro en 1.1131 mm con una diferencia de desviaciones de 0.52658. Para el caso del método localizador apical, la diferencia de las medias fue menor (0.4195 mm) y una variación en desviación típica de (0.62328 mm).

Si se reflejan estos valores en la práctica clínica, se traduce en que para el área de endodoncia, si son importantes la diferencias encontradas en el estudio, ya que si la longitud de trabajo no es la correcta y los valores obtenidos de estos son los que se alejan más a los valores de la longitud real, puede fracasar el éxito del tratamiento endodóntico.

Tabla 9. Correlaciones de muestras relacionadas. Patrón oro relacionado con los dos métodos (convencional y el localizador apical)

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Patrón Oro y Método Convencional	81	.697	.000
Par 2	Patrón Oro y Método Localizador apical	81	.690	.000

Fuente: Propia de los autores.

Esta Tabla 9 permite señalar que como el cero no está en el intervalo de confianza del 95%, se concluye para cada caso que, la longitud del patrón oro respecto al método del localizador apical y el método convencional tienen diferencias significativas, explicando de esta manera que existen variaciones en todas las medidas evaluadas en relación al valor real del diente (patrón oro), lo cual ratifica lo mencionado anteriormente. La Tabla 9 presenta las correlaciones de muestras relacionadas, es significativo en ambos casos esto permite el análisis de la Tabla 10.

Tabla 10. Prueba de muestras relacionadas. Patrón oro relacionado con los dos métodos (convencional y el localizador apical)

Relaciones		Diferencias relacionadas				T	Gl	Sig. (bilateral)	
		Mediana	Desviación típ.	Error típ. de la mediana	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	Patrón Oro y Método Convencional	- 1.108 64	2.29794	.2553 3	- 1.61676 .600	- 4.3 52	80 42	.000	

Par	Patrón Oro	.4197	2.30670	.2563	-	.929	1.6	80	.105
2	- Método Localizador	5		0	.09030	81	38		

Fuente: Propia de los autores.

La Tabla 10 permite concluir que las diferencias existentes entre el patrón oro y el método convencional son estadísticamente significativas ($p\text{-valor} = 4.098E-5 < 0.05$), mientras que las diferencias observadas entre el patrón oro y el método localizador apical no son estadísticamente significativas ($p\text{-valor} = 0.105 > 0.05$).

Tabla 11. Estadísticos de contraste^{a,b}

	Diferencia patrón oro Vs localizador	Diferencia patrón oro Vs convencional
Chi-cuadrado	7.598	4.959
Gl	2	2
Sig. asintót.	.022	.084

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Tipo de diente

Fuente: Propia de los autores.

La Tabla 11 presenta el estadístico de contraste de Kruskal-Wallis, para la diferencia patrón oro Vs localizador se observa que con un valor de chi-cuadrado de 7.598 el $p\text{-valor} = 0.022 < 0.05$ lo que permite rechazar la hipótesis nula y concluir que existen diferencias estadísticamente significativas del patrón oro vs método localizador apical de acuerdo al tipo de diente. Para el caso del patrón oro vs método convencional se observó que las diferencias según el tipo de diente no son estadísticamente significativas debido a que $p\text{-valor} = 0.084$, siendo este valor mayor al 0.05 establecido.

De acuerdo al estadístico de contrastes y tomando de referencia la prueba de chi-cuadrado se puede concluir que el valor observado de la variable localizador apical depende de la variable método convencional; teniendo estas el mismo patrón oro como referencia; lo que indica que el localizador apical depende de la radiografía convencional en la obtención de una longitud de trabajo más certera.

Tabla 12. Estadísticos descriptivos sobre dimensiones de la muestra evaluada.

Número de conductos=1					
Método utilizado	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Patrón Oro (mm)	45	15.2	29.5	22.193	3.2188
Convencional (mm)	45	18.50	30.50	23.4956	2.91173
Localizador apical (mm)	45	17.10	28.00	21.8556	2.81316
Número de conductos=2					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Patrón Oro (mm)	18	19.3	24	21.722	1.6725
Convencional (mm)	18	19.00	24.00	21.7778	1.73394
Localizador apical (mm)	18	17.50	23.00	20.5833	1.69991
Número de conductos=3					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Patrón Oro (mm)	18	14.5	23.8	19.267	3.2380
Convencional (mm)	18	18.00	22.50	20.9444	1.30484
Localizador apical (mm)	18	17.50	21.00	19.3611	1.30390

Fuente: Propia de los autores.

La Tabla 12 se observa las dimensiones de la muestra según números de conductos. Los dientes mono radiculares son el mayor porcentaje de la muestra, lo que en comparación del localizador apical y el patrón oro presento una diferencia significativa.

En relación al promedio de los conductos en los premolares, existe un valor milimétrico mayor que en los anteriores y molares; lo que indica que a mayor diferencia entre ambos métodos a la media, mayor exactitud para la determinación de la longitud de trabajo.

Tabla 13. Frecuencia de observaciones de la lima fuera del foramen apical

Resultado	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Si	<i>10</i>	<i>12.3</i>	<i>12.3</i>	<i>12.3</i>
No	<i>71</i>	<i>87.7</i>	<i>87.7</i>	<i>100.0</i>
Total	<i>81</i>	<i>100.0</i>	<i>100.0</i>	

Fuente: Propia de los autores.

La Tabla 13 se observa que el 87.7% (71/81) de los dientes no mostraron lima fuera del foramen apical. Mientras que 12.3% (10/81) si mostró lima fuera del foramen apical, lo que refleja una diferencia significativa y de importancia para el uso del localizador apical en la toma de longitud de trabajo.

Tabla 14. Rangos promedios y estadísticos de contraste para las diferencias del patrón oro y el método localizador y el método convencional según lima fuera foramen

Lima fuera foramen		N	Rango promedio	Suma de rangos
Diferencia patrón oro Vs localizador	Si	<i>10</i>	<i>16.00</i>	<i>160.00</i>
	No	<i>71</i>	<i>44.52</i>	<i>3161.00</i>
	Total	<i>81</i>		
Diferencia patrón oro Vs convencional	Si	<i>10</i>	<i>32.80</i>	<i>328.00</i>
	No	<i>71</i>	<i>42.15</i>	<i>2993.00</i>
	Total	<i>81</i>		

Fuente: Propia de los autores.

La Tabla 14 muestra los rangos promedios y estadísticos de contraste para las diferencias entre los diferentes métodos utilizados para la longitud de trabajo (patrón oro, método convencional y método de localizador apical). El rango promedio entre patrón oro Vs localizador apical es de 44.52 (no presentan lima fuera del foramen apical) mientras que para el patrón oro Vs convencional, el rango promedio fue 42.15 (no presenta lima fuera del foramen apical).

5.2. Discusión

De acuerdo con los objetivos propuestos para la realización de esta investigación, y siguiendo el esquema de los resultados, se procedió a comparar los datos obtenidos con otros estudios de la literatura.

En cuanto a la longitud de trabajo en el método de radiografía convencional según la medida real del diente; se observó que es un método preciso y confiable; lo que coincide con el estudio de Olmos et al ⁷ en el cual corrobora la eficacia del método convencional; y por tanto no otorga el reemplazo del mismo en relación a su uso. A diferencia de Eleyouti et al ²⁸ el cual reportaron que el método radiográfico convencional condiciona a una instrumentación más allá del ápice en premolares, por lo que no es el método de elección en la toma de longitud de trabajo.

En cuanto a la longitud de trabajo en el sistema de localizador apical según la medida real del diente; se observó que el uso del localizador apical es preciso en la toma de longitud de trabajo, corroborando el estudio de Gagliano ¹² donde demostró la efectividad del uso del localizador apical Raypex 6 en un 84%. Coincidiendo con el estudio de Kenneth ¹⁰ que afirma que mientras más alta es la generación más certero es el localizador apical.

La comparación entre las mediciones realizadas, patrón oro-radiográfico convencional y patrón oro localizador apical arrojaron; que si existen diferencias entre ellos. Coincidiendo con el estudio de Campoverde ¹ el cual arrojó un 51 % de sobreestimación en la obtención de longitud de trabajo utilizando el método convencional. Este coincide con Parra et al ⁸ donde los localizadores apicales electrónicos de tercera y cuarta generación (Root ZX II y Apex) son igual de exactos que el método radiográfico en la obtención de la longitud de trabajo. Lo que corrobora que ambos métodos, tanto el convencional y el localizador apical presentaron diferencias estadísticamente significativas cuando fueron comparados a los valores de la longitud real del diente en la toma de longitud de trabajo.

La muestra estuvo conformada por dientes humanos extraídos, el cual el material utilizado fue alginato que sirvió de medio acuoso para simular el ligamento periodontal, que en algunos momentos presentó errores en la determinación de la longitud de trabajo; para evitar sesgo en los resultados se recomienda realizar un estudio en vivo.

Una de las limitaciones del estudio fue la toma de la radiografía convencional, la cual se realizó perpendicular a la muestra, y no con los parámetros que debemos tomar para la técnica de la bisectriz; lo cual en algunos casos mostró longitudes erróneas. Se hace necesario hacer este estudio en vivo.

5.3. Conclusiones

Luego de revisados y analizados los resultados de la presente investigación se listan las siguientes conclusiones, relacionando el uso de dos métodos de medición radicular en la veracidad de las mediciones para un correcto diagnóstico y tratamiento endodóntico.

En cuanto a las diferencias del método radiográfico convencional, en relación a la toma de la longitud de trabajo según la medida real del diente (patrón oro) se encontraron variaciones importantes que marcan diferencias significativas en el estudio.

En cuanto al localizador apical durante la determinación de la longitud de trabajo, se obtuvieron medidas más exactas a la longitud real del diente; por tanto, hubo menos diferencias en las medidas cuando fueron comparadas con el patrón oro.

En cuanto a las diferencias en la obtención de la longitud de trabajo con los métodos de localizador apical y el método convencional; se encontró que tuvieron resultados similares con una diferencia mínima, pero las mismas no son significativa para determinar el uso de un método u otro, lo que indica que pueden ser utilizados para el planeamiento del tratamiento endodóntico, siempre y cuando las diferencias entre ambos sean considerables como margen de seguridad por parte del operador.

Resaltando las ventajas del localizador apical: fácil manejo, reducción de radiación al paciente y ahorro de tiempo en la práctica odontológica, mientras que el método radiográfico convencional determina dirección de curvaturas, conductos accesorios y raíces adicionales, lo cual hace de los dos métodos una elección confiable al momento de decidir cuál utilizar. En esta investigación se puede concluir que se cumple la hipótesis del estudio, donde el localizador apical reduce el margen de error que pueda existir en la toma de longitud de trabajo.

Conocer los resultados de este tipo de estudios ayuda al profesional a identificar medios más seguros que conduzcan a una estimación más exacta de la longitud de trabajo en la práctica endodóntico.

5.4. Recomendaciones

- Con los resultados obtenidos en esta investigación, es posible recomendar el uso del localizador apical y el método radiográfico convencional, ya que las diferencias en las mediciones fueron mínimas y clínicamente no son significativas. El uso de cualquiera de estos métodos se deja a discreción y criterio de la institución y del profesional.
- Se recomienda en la determinación de longitud de trabajo para los tratamientos endodónticos, que sean utilizados los métodos electrónicos; como localizadores apicales, ya que son de gran ayuda, pues agilizan la fase de conductometría y disminuyen el número de exposiciones del paciente a la radiación. También se ha demostrado que la exactitud del localizador apical es alta, y puede ser empleado en casos de pacientes a los que no es posible someterlos a exposición con rayos X; como pacientes embarazadas, pacientes que reciben tratamiento con radioterapia y pacientes inmuno suprimidos.
- En la medida del avance tecnológico en cuantos a los localizadores apicales, se invita, a que se continúen realizando investigaciones y comparaciones con los métodos radiográficos actuales en relación a la longitud real del diente, para un certero diagnóstico y plan de tratamiento.

Referencia bibliográfica

1. Campoverde K. Estudio comparativo entre los localizadores apicales y la toma de radiografías convencionales en endodoncia. Universidad de Guayaquil Ecuador. Rev. 2012. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3674/1/Karla%20Campoverde.pdf>.
2. DurrDental. Rev. 2014. Disponible en: <http://www.duerrdental.com/es/productos/diagnostico-por-imagen/software-de-imagen-dbswin/>.
3. Bramante C, Berbert A. A critical evaluation of some methods of determining tooth lengths. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. Rev. 1974; 37p. 463-73.
4. Localizador Apical Prope pixi. Rev. Disponible en: http://tecnidental.co/images/pdf/manual_localizado_apical_propex.pdf.
5. Frank A, Torabineja M. Valoracion in vivo del localizador apical electrónico de apice Endex. j.endodoncia. Rev. 1993; 11: p. 212-215.
6. Newman B, Brizuela C, Maldini A. Estudio comparativo entre radiografías digitales y dos localizadores de ápices electrónico Root ZX y Propex II en la medición de la longitud del canal radicular. Santiago de Chile San Bernardo Universidad de los Andes en San Bernardo. Rev. 2008;(20) p.31 Disponible en: <http://www.socendochile.cl/revistas/20.pdf#page=33>.
7. Olmos J, Garcia A, Dilascio M, Urmendiz G. Eficacia Clínica del Localizador Apical Electrónico YC-RAF-1 RootApexFinder. Electronic Journal of Endodontics Rosario. 2008 Oct 07(2):91-6. Disponible en: www.Endojournal.com.ar
8. Parra O, Tavera S, Lara L, Lamas C. Exactitud de los localizadores apicales electrónicos frente al método radiográfico convencional en la obtención de la longitud de trabajo en dientes jóvenes. Revista Oral año. 2009-2010; 31 p. 505-510 Disponible en <http://www.medigraphic.com/pdfs/oral/ora-2009/ora0931b.pdf>.

9. Ding J Gutmann Gutmann James L. Investigation of Apex Locators and Related Morphological Factors. Rev. (2010), 36 (8), 1399-1403, Disponible en: [http://www.jendodon.com/article/S0099-2399\(10\)00378X/abstract?cc=y=](http://www.jendodon.com/article/S0099-2399(10)00378X/abstract?cc=y=)
10. Kenneth R. Localizadores electronicos apicales. Universidad de San Carlos Guatemala. Rev. 2011; 10 Disponible en: <http://odonto4.files.wordpress.com/2011/01/lea.pdf>.
11. Novoa A. Evaluacion in vitro de la precision de cuatro localizadores apicales. Universidad Complutense De Madrid. 2011; p.3-18 Disponible en: http://eprints.ucm.es/19905/1/Asahi_Novoa.pdf.
12. Gagliano V. "Efectividad de los localizadores electrónicos en la determinación de la longitud de trabajo y ubicación de la constricción apical. Estudio in vitro." Universidad de Carabobo Venezuela. 2014. Disponible en: <http://riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/666/4/vgagliano.pdf>
13. Vladimir J, Rizary O, Lopez Y. Localizador de ápices electrónicos, en la universidad iberoamericana (UNIBE). 2001; (622) Disponible en: la biblioteca de unibe.
14. Azaval M, Otero D. JC Accuracy of the Justy II Apex Locator indetermining working length in simulated horizontal and vertical fractures. *International Endodontic Journal* 2004; 37: 174 – 77.
15. Venturi M, Breschi L. A comparison between two electronic apex locators: an in vivo investigation. *IntEndod J*. 2005 Sept, 38: 36-45.
16. Ponce A, Rondón M. Foramen apical y determinación de la longitud de trabajo. Monografía dirigida a Caviedes B. 2008.

17. López F, Gómez P, Ordoñez A, Riachi R, Torres R, Torres M et al. Localizadores apicales: nuevas tecnologías en diagnóstico – Revisión de literatura. Revista Científica Universidad el Bosque.2004; 10(1):61-7.
18. Valente A. Localizadores apicales electrónicos: revisión. Revista del Colegio de Odontólogos Prov.Bs.As.D.IX.2009.Tomado de: <http://endomdq.wordpress.com/2009/11/19/localizadores-apicaleselectronicos-revision>
19. Canalda C, Beau E. Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas. 2 ed. España: Masson; 2006.
20. Valente A. Precisión del Neosono Ultima EZ en la determinación de la conductometría electrónica. Revista del Colegio de Odontólogos Prov.Bs.As.D.IX. 2009. Tomado de: <http://endomdq.wordpress.com/2009/11/19/precision-del-neosono-ultima-ezen-la-determinacion-de-la-conductometria-electronica>.
21. Hoer D, Attin T. The accuracy of electronic working length determination. IntEndod J. 2004 Sep; 37:125-31.
22. Niño J, López-Díaz F, Sperberg I, Gómez P, Riachi R, Ordoñez A et al. Evaluación in vitro de la concordancia de tres localizadores apicales, Endex, Root ZX y Bingo 10-20 y determinación de la calibración de odontólogos generales y especialistas en endodoncia para el uso de un localizador apical. Revista Científica Universidad del Bosque.2006;12(1):14-24.
23. Stoll R, Urban-Klein B, Roggendorf M, Jablonski-Momeni A, Strauch K, Frankenberger R. Effectiveness of four electronic apex locators to determine distance from the apical foramen. IntEndod J. 2010;43:808-17.

24. Cunha F, Santana D, Salazar J, Correia L, Medeiros P, Pessoa J et al. The accuracy of root canal measurements using the Mini Apex Locator and Root ZX-II: an evaluation in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral RadiolEndod.* 2007 Mar;104(3): 50-3.
25. Cunha F, Santana D, Correia L. The ability of Two Apex Locators to Locate the Apical Foramen: An In Vitro Study. *J Endod.* 2006 Jun;32(6):560-2.
26. Pascon E, Marelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani M et al. An ex vivo comparison of working length determination by 3 electronic apex locators. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral RadiolEndod.* 2009 Apr;108(3):e147-51.
27. Siu C, Marshall G, Baumgartner C. An In Vivo Comparison of the Root ZX II, the Apex NRG XFR, and Mini Apex Locator by Using Rotary NickelTitanium Files. *J Endod* 2009 Jul;35 (7):962-5.
28. Elayouti A, Dima E, Ohmer J, Sperl K, von Ohle C, Löst C. Consistency of Apex Locator Function: A Clinical Study. *J Endod.* 2009 Feb;35(2):179-81. 59.
29. Ponce A, Rondón M. Foramen apical y determinación de la longitud de trabajo. Monografía dirigida a Caviedes B. 2008.
30. Soares I, Goldberg F. Endodoncia técnicas y fundamentos. Buenos aires: Médica Panamericana; 2002. p. 23-24.
31. Zelendo R. Endodoncia Práctica Preclinica. Libro: Editorial Universidad de Costa Rica; 2005. p. 40.
32. Rodriguez M. Longitud de trabajo en Endodoncia. *Revista Estomatología.* 1992; (2) p. 61 Disponible en: <http://revistaestomatologiaysalud.com/estomatologia/index.php/estomatol/article/view/66/65>.

33. MarXnez M, Corner L, Sanchez J, Llena P. Methodological considerations in the determination of working length. *Rev. Int Endod.* 2001; 34: p. 6-371.
34. Gordon M, Chandler N. Electronic apex locators. *Rev. Int Endod J.* 2004; (37): p. 425-437.
35. Plotino G, Grande N, Brigante L, Lesti B, Somma F. Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and ProPex. *IntEndod J.* 2006 Nov; (39):408-14.
36. Chopra V, Grover S, Prasad S. In vitro evaluation of the accuracy of two electronic apex locators. *J Conserv Dent.* 2008 Apr-Jun;11(2):82-5.
37. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *International Endodontic Journal.* 2006; (39): p. 921–930.
38. Cavidad Oral(glándulas orales, lengua, dientes) Rev. 2014 disponible en <http://www.anatolandia.com/2014/01/cavidad-oral-glandulas-orales-lengua-dientes-canal-alimentario.html>

Apéndice

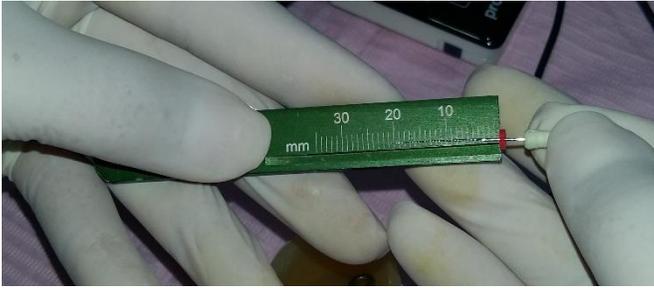


Figura 8. Regla Endodónica milimetrada. Fuente propia del autor.

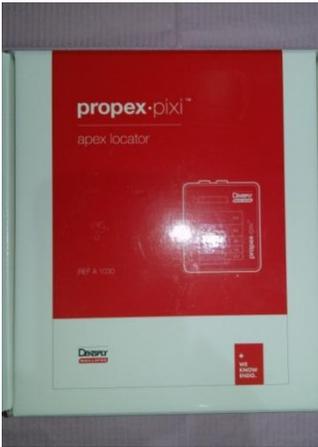


Figura 9. Localizador apical. Fuente propia del autor.



Figura 10. Rayo X. Fuente propia del autor.



Figura 11. Caja de revelado. Fuente propia del autor.



Figura 12. Radiografía periapical. Fuente propia del autor.



Figura 13. desinfección de la muestra. Fuente propia del autor



Figura 14. Lavado de la muestra. Fuente propia del autor



Figura 15. Hidratación de la muestra. Fuente propia del autor.



Figura 16. Radiografía periapical con la muestra. Fuente propia del autor



Figura 17. Muestras enumeradas y almacenadas. Fuente propia del autor



Figura 18. Radiografías periapicales enumeradas. Fuente propia del autor



Figura 19. Radiografías periapical. Fuente propia del autor

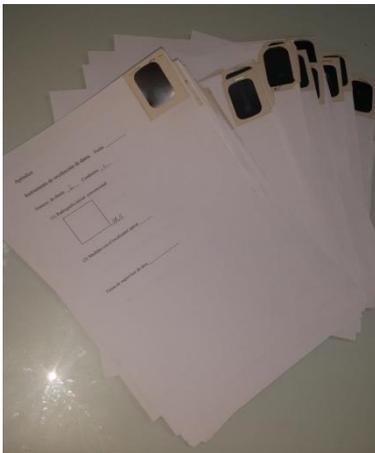


Figura 20. Fichas. Fuente propia del autor



Figura 21. Vernier digital. Fuente propia del autor



Figura 22. Muestras almacenadas. Fuente propia del autor



Figura 23. Preparación del experimento. Fuente propia del autor



Figura 24. Muestras en alginato. Fuente propia del autor



Figura 25. Localizador apical. Fuente propia del autor

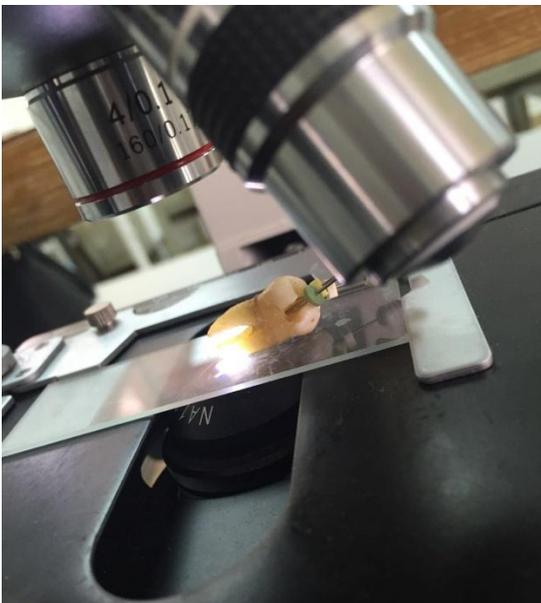


Figura 26. Microscopio. Fuente propia del autor

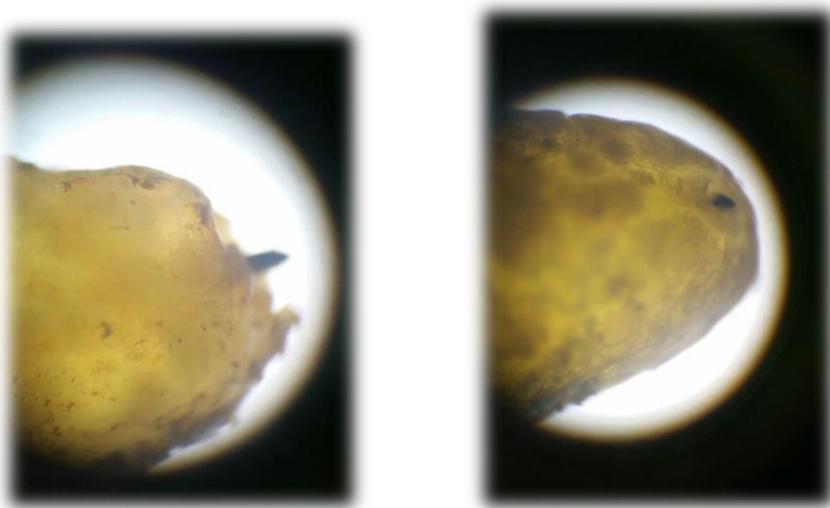


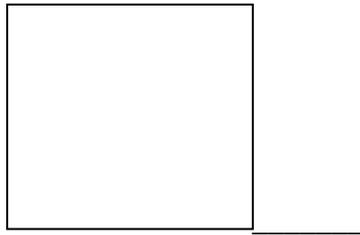
Figura 27. Vista en el microscopio. Fuente propia del autor

Instrumento de recolección de datos

Fecha. _____

Numero de diente. _____ Conductos. _____

(1) Radiografía inicial convencional



(2) Medidas con el localizador apical _____

Firma de supervisor de área _____

Glosario

EDTA: El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) es un agente quelante de iones divalentes que se utiliza en terapéutica dental, tanto en operatoria dental, formando parte de algunos sistemas adhesivos, como en endodoncia. En este trabajo revisamos su utilización en endodoncia durante la preparación biomecánica del conducto radicular.

Electrodos: Extremo de un circuito eléctrico en contacto con un medio, al que lleva o del que recibe una corriente eléctrica.

Impedancia: Es la resistencia que opone un componente pasivo (resistencia, bobina, condensador) al paso de la corriente eléctrica alterna.

Miliamperaje: El miliamperaje regula la temperatura en el filamento del cátodo, un mili amperaje mayor aumenta la temperatura y, en consecuencia, aumenta el número de electrones liberados. Este a su vez regula la cantidad de rayos X que emite la cabeza del tubo; además controla el amperaje de la corriente en el filamento y la cantidad de electrones que pasan a través del mismo.

Periodonto: Es una unidad morfológica compuesta por la encía que cubre el hueso alveolar y rodea el cuello de cada diente.

Torus: Los torus o exostosis óseas se consideran excrescencias no neoplásicas, las cuales se localizan en los maxilares, provenientes del mismo hueso. Estas excrescencias óseas pueden clasificarse de acuerdo a su localización, forma, tamaño y número.

Vitalometro: Es un aparato que permite detectar algo tan simple como si el diente está vital o si está muerto algo tan importante para el paciente evitando otros tipos de dolorosas pruebas (percusión, hielo etc.).

Wolfonio: El wolframio es un metal que ha adquirido una importancia en la actualidad, pero ha sido muy utilizado desde hace varios años como material para el filamento de las lámpara incandescentes, que usamos a diario en todos los hogares. Su producción anual es relativamente escasa, pues sólo supera 17 veces la del oro. Su símbolo químico es W.