



UNIVERSIDAD FINIS TERRAE  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA

**UTILIZACIÓN DE LOCALIZADORES APICALES ELECTRÓNICOS  
DE IV GENERACIÓN Y TÉCNICAS RADIOGRÁFICAS EN LA  
DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE TRABAJO EN  
ENDODONCIA.  
REVISIÓN DE LA LITERATURA.**

CHRISTIANE MAJ-BRITT JACOB RODRÍGUEZ

Tesis presentada a la Facultad de Odontología de la Universidad Finis Terrae,  
para optar al grado de Cirujano Dentista

Profesor Guía: Dr. Wenceslao Valenzuela Aldunate

Santiago, Chile

2015

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco a Dios por las oportunidades que me ha dado a lo largo de mi vida que me han ayudado a desarrollarme como persona y estudiante, lo que me permite hoy entregar esta Tesis con todo el esfuerzo y dedicación que con lleva.

A mis padres, hermanos y marido, quienes con su cariño y confianza me han acompañado durante este largo trayecto dándome valiosos consejos y un apoyo incondicional.

A la Universidad Finis Terrae por todos los conocimientos y principio entregados a lo largo de la carrera de Odontología, especialmente a través de sus profesores y administrativos.

Finalmente y con especial cariño, al Doctor Wenceslao Valenzuela y Doctor Gisaku Kuramochi, por la dedicación, profesionalismo y guía que me brindaron durante el desarrollo de esta Tesis. Sus consejos y comentarios fueron esenciales durante su elaboración.

# ÍNDICE

<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
1. Planteamiento del Problema.....	1
2. Justificación del Estudio .....	1
3. Propósito .....	2
<b>Marco Teórico</b> .....	<b>3</b>
1.Embriología.....	3
2. Microanatomía .....	5
3. Consecuencias en el Pronóstico.....	15
4. Conductrometría y Odontometría .....	16
5. Técnicas Radiográficas.....	19
6. Localizadores Apicales Electrónicos.....	24
7. Pasos Clínicos en la utilización de LAEs .....	32
8. Contraindicaciones en Pacientes.....	35
9. Otros Usos de LAEs .....	36
<b>Objetivos</b> .....	<b>38</b>
<b>Material y Métodos</b> .....	<b>39</b>
1.Estrategia de Búsqueda.....	39
2. Criterios de Elegibilidad .....	39
3. Distribución de los Estudios Seleccionados.....	40
<b>Discusión</b> .....	<b>44</b>
<b>Conclusión</b> .....	<b>51</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>52</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>64</b>

# **INTRODUCCIÓN**

## **1. Planteamiento del problema**

Para determinar la Longitud de Trabajo (LT) durante la terapia endodóntica, existen distintos métodos, basados cada uno en diferentes teorías. Los dos métodos más utilizados en la actualidad son el radiográfico y el uso de Localizadores Apicales Electrónicos (LAE). Ambos métodos son considerados válidos y son ampliamente utilizados por odontólogos, pero ¿Cuál es el que aporta mayor precisión? ¿Cuál es el más confiable?

La precisión al determinar LT es un paso que debe ser realizado de manera meticulosa, ya que la correcta determinación de la LT permitirá realizar una terapia endodóntica exitosa, mientras que un error en esta medición, probablemente generará el fracaso del tratamiento endodóntico, pudiendo ocasionar accidentes tales como sub-obturación o sobre-obturación.

Por señalado en el párrafo anterior consideramos que sí existe un método de mayor precisión, es a éste al que debería recurrir el practicante para determinar LT o si surgen dudas durante el tratamiento.

## **2. Justificación del estudio**

Consideramos que esta revisión de la literatura es necesaria principalmente por dos razones.

En primer lugar, la determinación de la LT es un paso clave en la terapia endodóntica, ya que, como fue señalado anteriormente, incide en el éxito o fracaso de dicha terapia. Un error en su estimación podría traer como consecuencias una sobre instrumentación, una sobre obturación o una terapia que quede corta, disminuyendo el pronóstico de la terapia, o, en el peor de los casos, al fracaso del tratamiento, y la necesidad de realizar un retratamiento o exodoncia de la pieza tratada. Usualmente, para realizar este procedimiento de forma correcta, se recurre al uso de LAEs, la técnica radiográfica de Ingle, o a una combinación de ambas. Lo

anterior justificaría la necesidad de conocer cuál de Ellas detenta una mayor precisión y confianza para el practicante en la determinación de la LT.

En la actualidad, la literatura disponible al respecto es numerosa y presenta una alta variabilidad en sus resultados, por lo mismo resultaría interesante observar los diseños utilizados para su valoración en la práctica clínica.

### **3. Propósito**

En esta revisión de la literatura se pretende exponer el estado del arte respecto de la precisión y confiabilidad de la técnica radiográfica y le electrónica en la determinación de la Longitud de Trabajo en endodoncia.

## **MARCO TEÓRICO**

Para poder entender bien los fundamentos teóricos de los métodos, utilizados para determinar la LT, se describirán a continuación algunos conceptos básicos.

### **1. Embriología**

#### **1.1 Odontogénesis**

La odontogénesis comienza a las 5-6 semanas de vida intrauterina (VIU) y culmina durante la adolescencia con el cierre apical de las diferentes piezas dentarias(1).

El ectomesenquima de las crestas neurales interacciona sobre el epitelio oral, el cual, a su vez, deriva del ectodermo. El epitelio de la cavidad oral embrionaria, epitelio plano pluri-estratificado, se engrosa y prolifera hacia el ectomesénquima subyacente, formando así la lámina dental, de la cual se formarán las diferentes piezas dentarias. Junto con la lámina dental se forma la lámina vestibular, la cual formará lo que es el vestíbulo oral (1–4).

De la lámina dental se formarán los dientes temporales y los dientes permanentes, estos últimos empiezan con su proceso de morfo-diferenciación alrededor del quinto mes de VIU, los molares definitivos, se forman de una prolongación distal de esta lámina dental (2,3).

El esmalte se forma a partir del órgano del esmalte, el cual proviene del ectoderma. Mientras que el resto de los componentes de la pieza dentaria provienen del ectomesenquima, el cual se divide en dos; el saco dental, del cual deriva el cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar, y la papila dental, de la cual deriva el complejo pulpo-dentinario (2,3).

Para este estudio es importante recordar la formación radicular. Luego de las diferentes etapas de odontogénesis; etapa de brote, casquete, campana y folículo dentario, comienza la formación radicular (3).

## **1.2 Formación Radicular**

La formación radicular es una parte de la odontogénesis que será muy relevante al momento de realizar la conductometría en un tratamiento endodóntico ya que es en este proceso donde se forman las estructuras anatómicas e histológicas que nos van a permitir determinar la LT(2,3).

La formación radicular se lleva a cabo gracias a la vaina epitelial de Hertwig, la cual moldea e induce a los odontoblasto y cementoblastos en la formación de la raíz. La vaina se genera gracias a la fusión del epitelio interno y externo del órgano del esmalte a la altura del asa cervical (3).

Esta vaina, a medida que avanza hacia apical va induciendo la papila dental para que, en contacto con el mesénquima papilar, genere la diferenciación de los odontoblastos a nivel radicular, estos a su vez secretan pre-dentina, siguiendo el avance apical de la Vaina de Hertwig. Al producirse la primera capa de dentina radicular, la vaina se desintegra y forma los restos epiteliales de Malassez. Al desintegrarse la Vaina de Hertwig, la dentina queda en contacto con el mesénquima, lo cual induce la diferenciación de los cementoblastos, y éstos comienzan a sintetizar cemento. Las discontinuidades de la Vaina de Hertwig es lo que genera la presencia de comunicaciones pulpo periodontales y canales laterales(2,3).

En piezas multiradiculares, la vaina de Hertwig emite dos o tres lengüetas epiteliales o diafragmas, las cuales se dirigen hacia el centro y conforman el piso

pulpar, para luego seguir proliferando de manera individual para formar cada raíz(2,3).

Al finalizar la formación radicular, la vaina se invagina, generando un diafragma en el agujero apical primario, el cual separa lo que antes era papila y ahora es pulpa, del tejido periodontal apical. A través del diafragma transcurren los nervios y vasos sanguíneos desde y hacia la cámara pulpar. El foramen apical queda levemente desviado, por el cambio de posición del diafragma, pero se acentúa más por la aposición de cemento y dentina a lo largo de la vida (2,3).

## **2. Micro- Anatomía**

### **2.1 Complejo Pulpo- Dentinario**

La dentina y la pulpa, al derivar del mismo origen embriológico ectomesenquimático, funcionan como una unidad morfofuncional. Por esto, es que las cuatro funciones de la pulpa están en íntima relación con la dentina, la pulpa forma y nutre a la dentina e innerva y defiende al diente (3–5).

El tejido pulpar propiamente tal se encuentra en una cámara pulpar, rodeada de dentina, esta cámara reproduce la forma externa de la pieza dentaria. Al momento de erupcionar la pieza dentaria en boca la cámara pulpar es amplia, pero se va estrechando con la edad por la aposición de dentina secundaria y como respuesta a diferentes noxas por la dentina terciaria (3–5).

La pulpa se puede dividir en dos, la pulpa central y periférica (3–5).

#### **2.1.1 Pulpa Periférica**

La Pulpa Periférica es la que está en contacto con la dentina, específicamente la capa de predentina. Desde la dentina hacia el centro de la pulpa, las capas se pueden clasificar en(3–5);

- Zona Odontoblastica; en donde están los odontoblastos, dispuestos en forma de empalizada, están unidos entre sí por diferentes complejos de unión (ejemplo zónula ocludens y desmosmas). Las prolongaciones odontoblásticas penetran por los túbulos dentinarios de la dentina adyacente, por lo que se dice que los odontoblastos son células que pertenecen tanto a la pulpa como a la dentina (3–5).
- Zona Subodontoblástica, también llamada zona libre de Weil; es una zona muy pobre en células, las pocas células presentes son fibroblastos. Esta zona está ausente en la porción radicular del diente. Aquí encontramos el plexo nervioso subodontoblástico o de Raschkow, unas pocas prolongaciones de estas fibras nerviosas penetran la zona odontoblástica y entran en los túbulos dentinarios siguiendo las prolongaciones odontoblásticas (3–5).
- Zona Celular; es una zona rica en células, las cuales son principalmente fibroblastos y células mesenquimáticas indiferenciadas, las cuales sustentan a los odontoblastos. Estas capas de la pulpa periférica se hacen más escasas e inconsistentes a medida que se avanza hacia apical (3–5).

### 2.1.2 Pulpa Central

La Pulpa Central es el componente que ocupa la mayor parte de la pulpa en cuanto a volumen. Es el soporte de la pulpa periférica, contiene muchos vasos sanguíneos y nervios, los cuales se ramifican hacia la pulpa periférica. Las células principales de esta zona son los fibroblastos, por lo tanto, el componente principal de la pulpa es el colágeno, por esto es que se clasifica como un **tejido conectivo laxo vascularizado e innervado**. Además de fibroblastos, hay células mesenquimáticas, macrófagos, histocitos, polimorfonucleares neutrófilos, linfocitos, células dentríticas entre otras (3–5).

## **2.2 Ligamento Periodontal Apical**

El ligamento periodontal es una delgada capa de tejido conectivo fibroso, que recorre toda la raíz del diente, este ligamento presenta varias fibras que unen la pieza dentaria al hueso alveolar. Las fibras del Ligamento Periodontal, según su dirección y posición, se dividen en distintos grupos (3).

En este estudio nos interesa especialmente las Fibras de Ligamento Periodontal Apicales, éstas se caracterizan por rodear el foramen apical y se continua con el tejido conectivo pulpar. Su función principal es mantener alojado el diente en su alveolo, soportar y resistir las fuerzas de masticación y ser un receptor propioceptivo que ayuda al correcto posicionamiento de la oclusión (3).

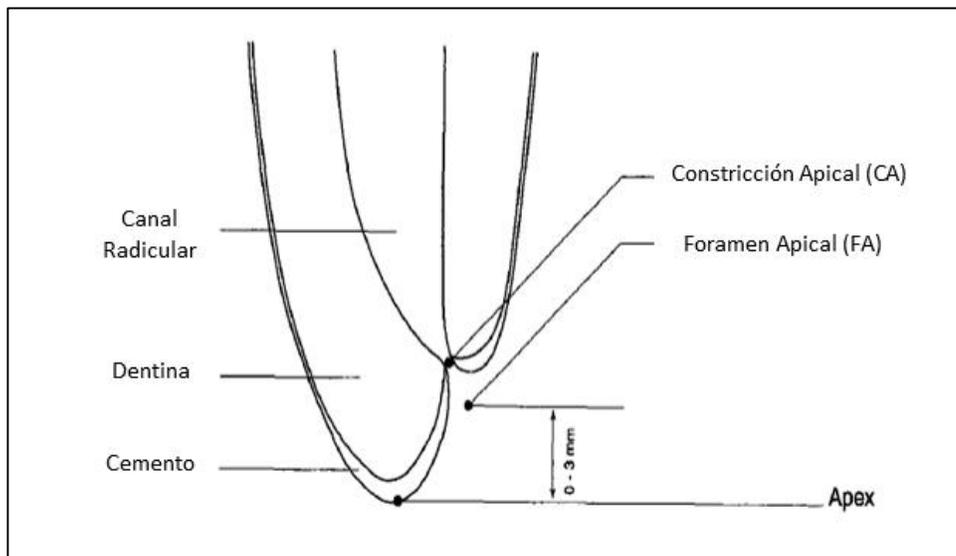
En el periápice, el tejido pulpar se continua con el ligamento periodontal, de manera que también se ve afectado frente a irritaciones e infecciones pulpares. Al formarse una lesión periapical, sea un granuloma o quiste, las fibras apicales del ligamento periodontal apical normal son desplazadas para dejar espacio a la colección de material necrótico y/o inflamatorio, según sea la patología. De la misma manera, una infección del ligamento periodontal puede llegar a afectar el tejido pulpar, como es en el caso de una Lesión Endo-Periodontal de origen Periodontal (3).

Las células que encontramos en el ligamento periodontal son fibroblastos, osteoblastos, cementoblastos, macrófagos, eosinófilos, células mesenquimáticas y Células de restos epiteliales de Malassez (3).

## 2.3 Parámetros Micro-Anatómicos

Los parámetros usados en endodoncia para determinar la longitud del Sistema de Canales Radiculares (SCR) son: el Ápice Anatómico (AA), el Foramen Apical (FA), la Constricción Apical (CA) y la Conjunción Dentina Cementaria (CDC), ver Figura 1(6).

Una terapia endodóntica ideal debiera abarcar en tres dimensiones todo el largo del SCR, hasta el CDC de cada raíz de la pieza dentaria, de esta manera se logra sellar el canal al paso de bacterias que podrían invadir y generar patologías en el área peri-radicular del hueso alveolar. Lamentablemente el practicante se debe conformar con llegar al CA, ya que como se discutirá más adelante, el CDC es un área muy difícil de determinar. (Estos parámetros se pueden apreciar en la Figura 1, a continuación.) (6,7).



**Figura 1:** Concepto de ápice.

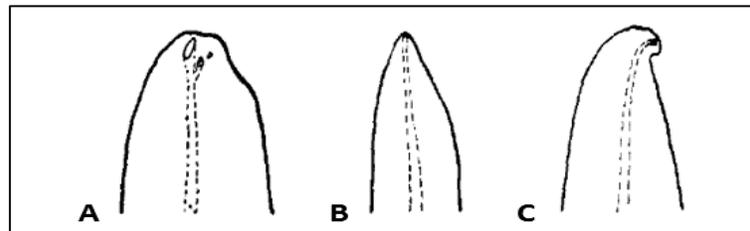
Se observa la distancia entre dos parámetros anatómicos, la constricción apical (CA) y el foramen apical (FA). El ápice verdadero varía entre raíces considerablemente. La presencia, ubicación y relación entre la CA y FA es más teórico que real.

Adaptación de figura por Wu et al(7).

### 2.3.1 Ápice Anatómico (AA)

El Ápice Anatómico (o Radiográfico, visto en radiografías) es la porción más apical de la pieza dentaria, es una porción roma y lisa, generalmente curvada hacia distal en la porción terminal de la raíz. Es de gran importancia al momento de determinar la Longitud de Trabajo mediante la técnica radiográfica, ya que es utilizado como referencia para ubicar la constricción apical, la cual a su vez, es considerada como el parámetro en donde se debe terminar el tratamiento endodóntico, como se explicará más adelante (8–10).

Green(11) describió tres tipos de formas presentes en las áreas apicales: embudo, cónico y desviado (como se observa en la Figura 2). Además, describió que la mayoría de las superficies apicales son lisas, mientras que las menos, son rugosas o irregulares. Las rugosas o irregulares dan la apariencia de erosión, esto podría ser a causa de patologías periapicales. El foramen apical mayor, que se describirá más adelante, generalmente se encuentra a un lado del AA (11).



**Figura 2:** Tipos de Ápice según Green.

A; Embudo, B; Cónico y C; Desviado.

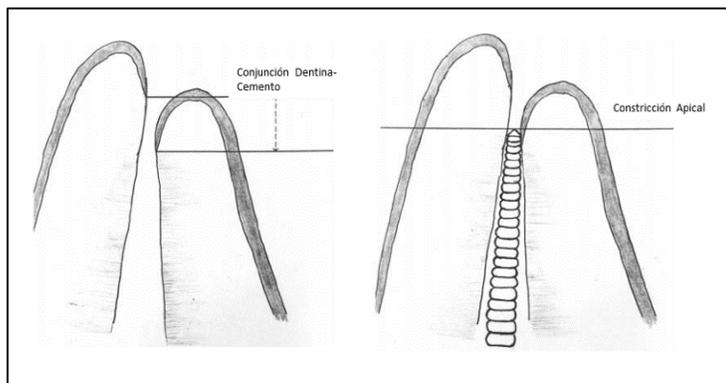
Adaptación de imagen por Green et al (11).

En un estudio clásico realizado por Dummer(8), midió la distancia entre los distintos parámetros anatómicos en relación al AA de cada grupo dentario, concluyendo que la distancia promedio entre el AA y el FA era de 0.38mm y entre el AA y la CA es de 0.89 mm, siendo estas distancias variables según el grupo dentario. Sin embargo, no especificó la edad, ni patología, ni el motivo de

la extracción de las piezas estudiadas, sólo se seleccionaron para dicho estudio piezas que presentaran su formación apical completa (8).

### 2.3.2 Conjunción Dentina Cemento (CDC)

El área CDC es donde histológicamente se une el canal dentinario con el canal cementario, el cual se abre en forma de cono hacia el periápice, y en el cual se encuentran insertas las fibras periodontales periapicales. Es aquí donde termina el SCR, y por lo tanto, también donde debiera terminar la terapia endodóntica. Si se limita la terapia endodóntica a esta área se logra la remoción del tejido pulpar sin dañar el ligamento periodontal apical, lo cual nos asegura una reparación adecuada y donde se usen las barreras naturales para mantener la inflamación confinada en esta área. Según estudios histológicos, la extrusión de cemento pasado la CA siempre genera un grado inflamación, lo que retarda la reparación (5,6,12).



**Figura 3:** Disposición del CDC.

Izquierda: El CDC, está ubicado a diferentes niveles en las paredes opuestas del canal dentinario y no coincide con la constricción apical.

Derecha: La elección de la constricción apical como límite para los procedimientos endodónticos, es aparentemente más razonable, sin importar que tejido se encuentre en esta zona y entre en contacto con los instrumentos (dentina, cemento o CDC)

Adaptación de imagen por Ricucci et al(9).

Tristemente, el CDC es un área histológica que solo puede ser observada en piezas extraídas y seccionadas, no clínicamente. Es, además, un área muy irregular, hay evidencia que el CDC puede llegar a medir hasta 3mm más a un lado de la pared del canal en comparación a la pared opuesta, por lo que es prácticamente imposible determinar con certeza su ubicación clínicamente. Autores como Ponce et al(6), llegaron a concluir que el CDC sólo

debiera ser considerado como el área donde dos tejidos se unen en el canal radicular, dada la gran variabilidad que presenta esta área, con se observa en la Figura 3 (5,6,9,12,13).

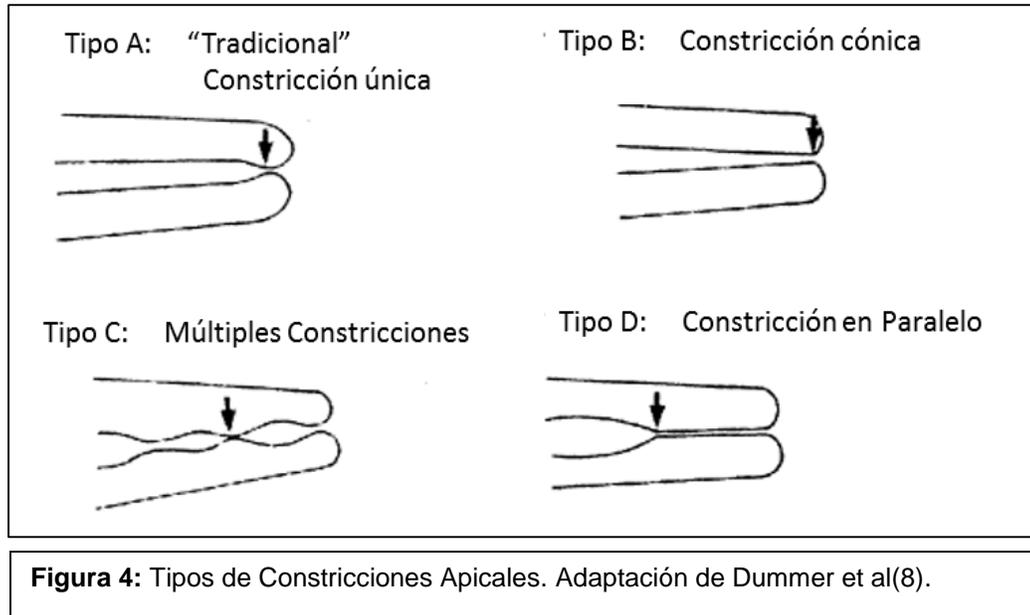
En el estudio realizado por Ponce et al(6), donde se midió el diámetro de los diferentes parámetros endodónticos, la pieza que presentaba el mayor diámetro en el área de la CDC era el canino, 353.20um.

Según Stein et al(14), la longitud promedio del CDC es de 0.189mm, lo cual aparentemente no varía con la edad.

### **2.3.3 Constricción Apical (CA)**

Otro punto de referencia micro-anatómico es la Constricción Apical, la cual es la zona de menor diámetro del canal radicular, y se encuentra entre 0.25mm y 1mm del ápice radiográfico. No existe un consenso completo entre los especialistas, pero comúnmente se llega hasta este punto en la terapia endodóntica, el cual al ser la zona más angosta y de menor diámetro del SCR minimiza la herida endodóntica y se lograría óptimas condiciones de reparación (6,9,12,13,15,16).

Este parámetro fue exhaustivamente descrito por Dummer et al(8) quienes describieron cuatro tipos de contricciones apicales y determinaron que la distancia promedio general entre la CA y el AA era de 0.89mm, como se observa en la Figura 4.



En este mismo estudio concluyeron que la primicia utilizada por muchos practicantes en donde se determina la posible ubicación de la CA suponiendo que esta se encuentra a 1mm de AA es errónea para ciertas CA, como son las tipo B. En ese tipo de CA, el resultado del tratamiento endodóntico sería una endodoncia corta, ya que no se ubicaría bien la CA. De la misma manera, describe Dummer(8), que la técnica táctil puede ser utilizada sin problema para las CA tipo A, B y D, pero si se utiliza la técnica táctil para las tipo C, se realizaría una endodoncia corta, simplemente por la forma de la CA, en donde no se sentirá la constricción (8).

En otro estudio se postuló que en diámetro de la CA en promedio, mide aproximadamente 0.5mm en personas jóvenes y 0.8mm en personas adultas (8,12).

Existen casos en que podría no estar presente la CA, lo más probable es que esto ocurra a causa de una patología periapical y reabsorción apical (7).

### 2.3.4 Foramen Apical (FA)

El Foramen Apical es observable a simple vista en piezas dentarias extraídas. Éste se encuentra generalmente hacia un lado del vértice radicular y por él emergen los vasos y nervios que van dirigidos a la pulpa. En los casos que no está presente la CA a causa de patologías periapicales o reabsorciones radiculares externas, este parámetro cobra importancia, ya que es lo último que queda como referencia para determinar la longitud del diente (6,8–10,12,17–19).

Según Green(17), el FA coincide con el AA de la pieza en un 50% de los casos, según Ponce et al(6), coincide en un 27.7% y según Martos et al(19) un 61%. Burch et al(20) midieron la distancia entre el AA y FA en los distintos grupos dentarios y concluyeron que el grupo dentario que presentaba la mayor distancia entre el AA y el FA, en promedio, fueron los molares mandibulares en su raíz distal, 0.78mm. En cambio las piezas con menor promedio de distancia fueron los incisivos mandibulares, con 0.46mm. El promedio de distancia total y general para todos los grupos dentarios fue de 0.59mm (20).

En los casos en que no coincide el FA con el AA, se ha descrito que puede haber una distancia de hasta 3mm entre ambos. Según Kuttler(10), la distancia promedio entre el AA y el FA en jóvenes es de 0.48mm y en adultos es de 0.60mm. Para Dummer(8), la distancia promedio es de 0.38mm. Green(17) hizo un estudio similar, pero según el grupo dentario y concluyó que la distancia promedio en dientes anteriores es de 0.30mm y en posteriores es de hasta 2mm del AA. Martos et al(19) realizaron un estudio similar con 926 piezas dentarias, concluyendo que la distancia promedio desde el AA y el FA era de 0.69 mm, lo cual era mayor en dientes posteriores (0.82mm), especialmente en dientes posteriores maxilares (0.95MM). En ese mismo estudio también se investigó en qué dirección se desviaba el FA, el grupo dentario que presentaba mayor índice de desviación fueron los dientes posteriores mandibulares. La dirección más

común hacia donde se desviaba el FA fue hacia vestibular (20%), seguido por distal (14%) (19).

La diferencia en los resultados de dichos estudios se puede deber a que, en algunos de los estudios, los dientes que utilizaron pertenecían a pacientes de distintas edades, o a que no se registraron las edades de los pacientes de quienes obtuvieron los dientes al realizar el experimento(12).

La causa de la desviación del FA respecto al AA está aún en estudio. Algunos autores postulan que puede ser debido a las fuerzas masticatorias, por lo que las piezas que reciben mayor carga presentan mayor distancia entre el AA y el FA, gracias a la remodelación radicular por reabsorción y aposición de cemento que generan estas fuerzas. También se ha postulado que se puede deber a la raza y/o a ciertas condiciones patológicas, como hipercementosis (19).

El FA se encuentra en el canal cementario del a raíz, a medida que se acerca a la CA disminuye paulatinamente en su diámetro, de manera que se asemeja a la forma de un embudo. No siempre es un agujero redondo perfecto, por lo general tiene una forma irregular (6,13,17).

La forma del FA puede cambiar debido a la edad, ya que se ha descrito que con la edad aumenta la aposición de cemento en la porción apical o también, puede verse modificado por cambios patológicos, como la reabsorción externa debido a infecciones periapicales (13,14).

El mayor diámetro del FA se encuentra en el canino, según Ponce(6), de 453.63um. En el estudio de Green(17) bajo microscopio estereoscópico, el diámetro del FA disminuye drásticamente a la mitad a los 0.75mm entrados al SCR, lo que sería ya el área de la CA.

También existen forámenes accesorios, las cuales son de menor diámetro que el foramen apical mayor, aunque a veces estos pueden ser de igual diámetro. Estos forámenes accesorios generalmente están más lejos del AA que el foramen mayor. Estos se diferencian del foramen mayor, debido a que pertenecen a canales accesorios y no al canal principal (11,17).

### **3. Consecuencia en el Pronóstico Endodóntico y Rehabilitador por accidentes endodónticos causados por una errónea determinación de la Longitud de Trabajo**

Según varios estudios el tratamiento endodóntico en general presenta un buen porcentaje de éxito, entre 86%-98%(21,22).

Según Ingle(22), el pronóstico de éxito de una endodoncia realizada en una pieza dentaria bajo condiciones óptimas es, en promedio, de un 95%, lo cual es considerablemente alto. Dentro de este grupo, presentan mejor pronóstico las piezas a las cuales se les realizan biopulectomías, con un 98.2% de éxito, en comparación con aquellas tratadas bajo necropulectomía, 93,1% de éxito (22).

Es importante destacar que a pesar del excelente pronóstico de la terapia endodóntica, el pronóstico baja notoriamente al haber accidentes tales como sub-obturaciones (82%) y sobre-obturaciones (91%). Más aún, el pronóstico de éxito disminuye aún más si se trata de un retratamiento (62%). La explicación de esto es la carga bacteriana presente en cada terapia, es por esta razón que las sub-obturaciones presentan un peor pronóstico que las sobre obturación, ya que las primeras presentan una mayor carga bacteriana, la cual no fue removida exitosamente, por lo que persiste el biofilm bacteriano y la infección, imposibilitando así la reparación (22).

Según el resultado del meta-análisis realizado por Shaeffer et al(23) donde se analizaron 12 estudios bajo un criterio de elección muy estricto, llegaron a la conclusión de que la LT ideal es entre los 0-1mm del ápice radiográfico. Demostrando que las endodoncias realizadas a esta LT obtuvieron mejores resultados post-operatorios y de reparación, en comparación con las endodoncias realizadas a 1-3mm del ápice (23).

Se ha visto en estudios histológicos de tratamientos endodónticos fallidos la presencia de inflamación en la zona periapical (9).

La mayor causa de fracaso de la terapia endodoncia es por una obturación incompleta del sistema de canales radiculares (59,66%), seguido en segundo lugar por perforaciones (10,22).

Los factores etiológicos relacionados con la falla en el tratamiento de endodoncia son la presencia de microorganismos, infecciones extra-radiculares, reacciones a cuerpo extraño y quistes verdaderos. Estos pueden ser generados a causa de fallas en el procedimiento, la no instrumentación de canales y dificultades anatómicas como istmos, ramificaciones, y otras irregularidades (21).

#### **4. Conductimetría y Odontometría. Determinación de la Longitud de Trabajo. Métodos utilizados.**

Odontometría, Conductimetría y Cavometría son términos otorgados al proceso de medición de la pieza dentaria. La cual tiene el fin de poder determinar la longitud real del SCR para poder así obtener una LT óptima (24).

Longitud de trabajo es, en definición, la distancia entre la referencia coronal y el área en el tercio apical de la raíz que el clínico determine como el fin del SCR (24).

Una LT adecuada reduce las posibilidades de que haya una limpieza insuficiente de todo el SCR y de que se genere daño en los tejidos periapicales, debido a una sobreinstrumentación (25).

Se han descrito varias técnicas usadas a lo largo de la historia de la odontología para poder determinar la LT, entre ellas la Técnica Táctil, de Punta de papel, Técnica Radiográfica y el uso de Localizadores Apicales Electrónicos. A continuación, explicaremos cada una de ellas junto con las teorías que las avalan (13,26).

#### **4.1 Técnica Táctil**

Se realiza utilizando la longitud promedio de las piezas dentarias como referencia, se elige una lima de conicidad adecuada al canal (según lo visto e la radiografía inicial), el tope de silicona se coloca de manera que la punta de la lima quede a 1mm del ápice radiográfico. Se introduce la lima en el canal lentamente, hasta que el tope llegue a la referencia coronal, de ahí se avanza lentamente buscando sentir la constricción apical. Se debe notar cierta resistencia al remover la lima de la porción apical. Claramente, para realizar esta técnica correctamente se necesita mucha experiencia en endodoncia (5,13,15,24).

Aun en los casos realizados por operadores con mucha experiencia, se ha descrito que sólo se acierta en un 60% de las ocasiones y sólo en un 75% cuando se realiza una instrumentación previa de los dos tercios coronarios (5,13).

Esta técnica presenta limitaciones como en curvaturas apicales muy pronunciadas, cuando el SCR está calcificado en apical y en el caso de reabsorción apical. Además, se debe tener en consideración que la CA es un

parámetro variable en cuanto a su anatomía, por todo esto, se cataloga esta técnica como poco confiable (8,12,13,24).

#### **4.2 Técnica de la Punta de Papel**

Para poder realizar esta técnica, se debe tener permeabilidad apical. Esta técnica se basa en la premisa de que el canal de una pieza dentaria no infectada es seco, mientras que el periodonto apical, al ser un tejido muy hidratado, es húmedo. Se sugiere en esta técnica, usar este límite húmedo-seco como referencia (13,25,27).

Primero se prepara el SCR a 0.50mm corto de la CA (determinado por un LAE), luego se seca el SCR y se selecciona un cono de papel de menor conicidad que la del canal. Se introduce el cono de papel lentamente por el canal hasta detectar humedad en la punta del cono de papel. Luego, se introduce un segundo cono a 1mm de lo que avanzó el anterior y se revisa por signos de humedad. Si la punta está seca, se va avanzando de a 0.50mm hasta que marque humedad. De esta manera se determina el término del SCR (5,13,27).

Esta técnica es muy útil en casos de piezas sin cierre apical o con anatomía apical anormal. Pero es imposible de realizar en pieza sin permeabilidad apical o donde no se puede secar el canal (por ejemplo por exudado inflamatorio) (13).

Como ventaja, se postula, que esta técnica permite rescatar información importante sobre la anatomía apical (27).

Es muy importante señalar que de esta técnica aún no hay evidencia científica consistente que la apruebe, por lo que su uso aun no es recomendable (13).

Las dos técnicas más utilizadas y conocidas por la mayoría de los odontólogos en la actualidad son las técnicas radiográficas, en especial la técnica de Ingle y

el uso de Localizadores Apicales Electrónicos, en este último, especialmente los de tercera y cuarta generación (13).

## 5. Técnica Radiográfica.

### 5.1 Radiología en a Odontología

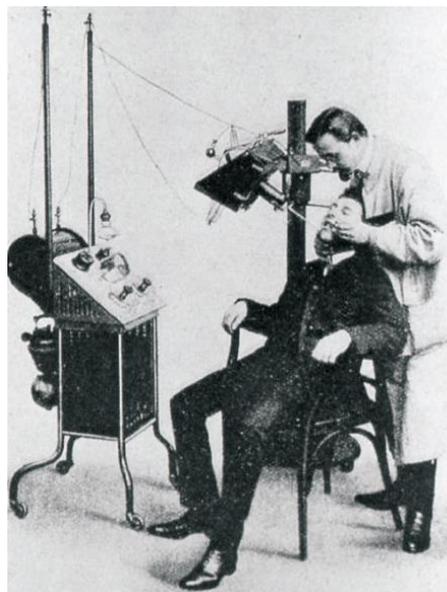
El 8 de Noviembre de 1895, el Profesor Wilhelm Conrad Roentgen, realizaba un experimento sobre la luz fluorescente que emitían los electrones del tubo de rayos catódicos Hittorf-Crookes, para esto cubría el tubo con un papel grueso de color negro. Durante el experimento observó que se emitía una luz fluorescente sobre una pantalla que se encontraba a 6-8 cm de distancia y que al colocar su mano entre el tubo y la pantalla podía observar los huesos de su mano. Al no saber precisamente el origen de esta nueva irradiación electromagnética, decidió darle el nombre de Rayos X. Poco después utilizó en vez de una pantalla una película fotográfica modificada, por la cual podía quedar plasmada la imagen obtenida por los Rayos X, la primer imagen que obtuvo fue de la mano de su señora (28,29).

Roentgen de inmediato pensó en los usos que se le podrían dar a este nuevo descubrimiento en el campo de la medicina y tardó muy poco en enviar su informe a la revista científica de Wuerzburg. El descubrimiento fue ampliamente aceptado y la noticia se expandió rápidamente. Los científicos del área médica estaban sumamente interesados, por sus posibles aplicaciones en diferentes campos de la medicina. En el campo de la Odontología también se le reconoció su utilidad (28,29).



**Figura 5:** Primera Radiografía Dental Dr. Otto Walhoffs(28).

Por esto, a sólo 14 días de la última publicación de Roentgen, el Dr. Otto Walkhoff de Braunschweig, se realizó la primera radiografía dental de sus propios dientes. El Profesor en Física Giesel fue quién realizó la radiografía de las piezas posteriores del Dr. Walkhoff, el proceso duró 25 minutos, a lo cual el Dr. Walkhoff describió como “una verdadera tortura, pero sentí una gran alegría a la vista de los resultados, al darme cuenta de la importancia de los rayos Roentgen en la odontología”. A demás del largo tiempo de espera, se le sumaban otros efectos adversos, como la caída de cabello(28,29).



**Figura 6:** Aparato Radiográfico de Dr. Blum (28).

Después del Dr. Walkhoff, varios otros dentistas de distintos países comenzaron a realizar radiografías dentales. Con esto, surgieron cada vez más diseños y modificaciones al tubo de rayos utilizado inicialmente por Roentgen para hacer su uso más fácil en la Odontología, entre estos está el tubo del Profesor König, el cual reducía el tiempo de exposición a 5 minutos. En 1897 el Profesor Béclère instaló el primer laboratorio de radiología en el Hospital de Tenon. Uno de los primeros en utilizar un tubo de rayos X en su consulta fue el Dr. Kells, quien fue un pionero en diversas áreas de la Odontología, algunos de sus inventos se usan aun en la actualidad (28,29).

A Roentgen se le otorgó entre muchos reconocimientos, el Premio Nobel de Física en 1901. Murió el año 1923 a los 78 años de cáncer (28,29).

Hoy la radiología es un elemento esencial en la práctica de la Odontología, es utilizada en todas las áreas, por lo que, pese a ciertas desventajas, es

indispensable. Actualmente se ha avanzado a pasos agigantados en este campo, contamos con equipos digitales que disminuyen la irradiación a los pacientes al mínimo, obtenemos imágenes de alta calidad y de manera casi instantánea. También se ha desarrollado Imagenología en tres dimensiones, como el Cone Beam CT(30).

## **5.2 La Técnica Radiográfica de Ingle**

La Técnica Radiográfica de Ingle se realiza partir de una radiografía previa de la pieza dentaria, en la cual se determina la Longitud Aparente del Diente (LAD). Esta radiografía idealmente debe ser tomada utilizando la técnica del paralelismo, pero también se puede realizar mediante la técnica de la bisectriz. Es necesario que esta radiografía presente la menor distorsión posible. A la LAD se le disminuye 2mm, como margen de seguridad, esta longitud se transfiere al instrumento y se determina la Longitud Real del Instrumento (LRI), siempre utilizando una referencia clara en la pieza dentaria. Se toma una segunda radiografía con el instrumento en el canal, en esta nueva radiografía se analiza la distancia entre el ápice radiográfico y la punta del instrumento, esta medida se le denomina X. Con esta nueva medición se obtiene la Longitud Real de Diente (LRD, distancia entre el punto de referencia y el ápice radiográfico), por lo que  $LRI + X = LRD$ . A esta LRD le restamos 0,5 mm o 1mm para poder determinar nuestra LT. Es importante señalar de que si el X es mayor o igual a 3mm, es necesario repetir la radiografía, ya que esta presentaría mucha distorsión (31,32).

Esta técnica se basa en que la CA se encuentra a 0.5-1mm del ápice radiográfico. Sin embargo, la posición de la CA es muy variable en cuanto al ápice radiográfico, se ha descrito que en algunos casos puede distanciarse hasta 3.8mm, por lo que se corre el riesgo de una sobre instrumentación en

estos casos. También el FA muchas veces tampoco coincide con el ápice radiográfico, es más, generalmente se encuentra hacia un lado de él (13).

Además, las radiografías al ser una representación bidimensional de una estructura tridimensional pueden generar interpretaciones erróneas, son sensibles a la interpretación, muchas veces presentan sobre posiciones de estructuras vecinas, se somete al paciente a irradiaciones ionizantes, etc... Por esto se justifica cada vez más el uso de la técnica radiográfica combinada con otras técnicas que ayuden a la determinación de LT, de manera tal que se disminuya en número de radiografías a tomar y se corrobore la LT con otras metodologías. Pero, no se debe descartar completamente las radiografías, estas aportan información esencial, como la anatomía y disposición de SCR, presencia de curvaturas, reabsorciones, etc... Además, la técnica radiográfica tiene la ventaja de que se puede observar directamente el instrumento endodóntico en el SCR y su relación con la anatomía de los canales (13,24).

### **5.3 Radiografías Digitales**

El término Radiografía Digital se refiere al método utilizado para captar una imagen radiográfica utilizando sensores que captan la información recibida en electrones y la transforma al sistema análogo interpretado por el código binario del computador, lo cual lo transforma en una imagen digital en escala de grises(33,34).

El primer sistema de radiografía digital fue introducido el año 1987 por el Dr. Frances Mouyenes con el nombre de Radiovisiography por la compañía Trophy® (33,34).

En la actualidad existen tres sistemas de radiografías digital: CCD (Charge-Couple-Device), CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) y PSP (Photo-Stimulable Phosphor). CCD y CMOS son llamados sistemas directos, ya

que transmiten la información directamente a un computador, mientras que PSP al ser un sensor inalámbrico, debe ser escaneado para poder producir la imagen digital en la pantalla de un computador, es un sistema indirecto(33).

El sensor del CCD está compuesto por una fila de receptores de electrones bajo una cubierta de silicona, los electrones de la radiación emitida son captados cuando estos chocan con la superficie del receptor. La magnitud con que chocan los electrones sobre el receptor se traduce en la imagen en una escala de grises (35).

Los sensores tipo CMOS requieren menos energía para su funcionamiento y están compuestos por transistores que generan un efecto de campo dentro de un portal de polisilicona transformándolo en un sistema binario, el cual es interpretado y llevado a una imagen digital por el computador (35).

Ambos son sensores rígidos, generalmente con un cable que lo conecta a una computadora, esta hace que sean incómodas para el paciente (35).

El sistema PSP consiste en una delgada capa de poliéster que recubre materiales a base de fósforo que almacenan la energía emitida por los electrones. Al ser escaneados estos sensores bajos un láser neón de helio, emiten una luz azul proporcional a la energía almacenada en el fosforo, esta luz es la que es representada luego digitalmente en una escala de grises. La desventaja de estos receptores es: su corta vida útil, que replica en la necesidad de tener varios en la consulta; la facilidad con que se pierde, se rompen y doblan, además del tiempo requerido para la obtención de la imagen (no es inmediata como en el caso de los CCD y CMOS) (35).

A pesar de exigir un alto costo inicial en la implementación de este sistema de radiografías digital, se ha visto que presenta numerosas ventajas, tales como:

- La eliminación del procesado manual, del cuarto oscuro, de la manipulación de químicos de revelado.
- La reducción de errores por procesado manual.
- Un procesado más rápido (casi instantáneo de la imagen).
- Presencia de software de visualización, los cuales incluyen varias herramientas útiles para el operador como magnificación, mediciones, contrastes, etc.
- Facilitan la explicación a los pacientes de su tratamiento.
- Reducen la dosis radioactiva en casi un 80% en comparación a las radiografías convencionales (aún la de revelado rápido) (33).

## **6. Los Localizadores Apicales Electrónicos (LAEs)**

Los Localizadores Apicales Electrónicos (LAEs) son aparatos que pretenden determinar, mediante fenómenos de conducción eléctrica, parámetros micro-anatómicos como el Foramen Apical. Fueron introducidos por primera vez en el año 1918 por Custer y Suzuki (26,36).

Su utilidad en clínica no supone solamente lograr determinar una medición de SCR precisa, sino que su correcto uso podría minimizar la cantidad de radiografías tomadas durante el tratamiento endodóntico y así disminuir la radiación recibida por el paciente (32).

## **6.1 Generaciones y Principios de Electricidad**

### **6.1.1 LAEs de Primera Generación, basados en la Resistencia**

Los localizadores apicales de primera generación se basaban principalmente en la resistencia que generaban las paredes del SCR, la cual disminuye significativamente al salir por el Foramen Apical (a 6.5 Ohm según estudios de Sundada et al en 1962) (36).

El modelo operativo de estos LAEs era similar a un circuito eléctrico simple. En un circuito eléctrico básico, hay tres componentes, Diferencial de Potencial Eléctrico (o de Voltaje) ( $\Delta V$ ), la Corriente (I) y la Resistencia (R) (36).

Diferencial de Potencial Eléctrico: ( $\Delta V$ ) “diferencia de energía potencial eléctrica por unidad de carga de prueba”. En nuestro sistema, es lo que nos va a dar la energía para generar el flujo de electrones (37).

Voltaje (V): es lo que se denomina al potencial eléctrico en un punto, muchas veces, en vez de hablar de “diferencial de potencial” se habla de Diferencial de Voltaje. Esta unidad se mide en Volts (V) (37).

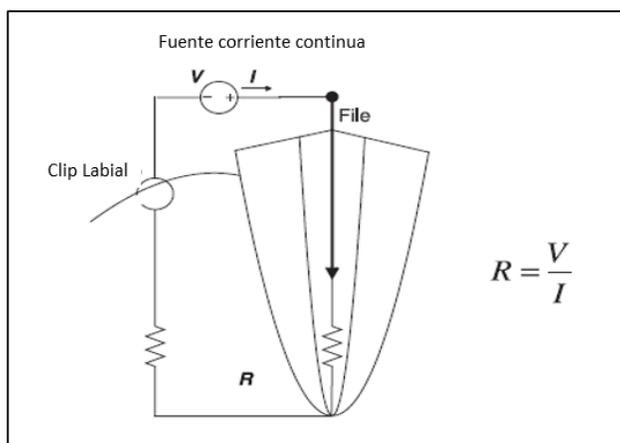
Corriente (I): “es la carga neta que pasa a través de la superficie por intervalo de unidad de tiempo”. Es el flujo de electrones que pasan sobre la superficie de un material al cual se le entrega un potencial eléctrico. Se mide en Amperes (A) (37).

Resistencia (R): la resistencia, es como su nombre lo dice, la resistencia que generan los átomos de un material a la corriente eléctrica que fluye por ellos, produciendo así una disminución en el voltaje (o diferencial de potencial) del sistema. La resistencia de un material depende del mismo material en sí. Hay materiales que son buenos conductores de electricidad y otros que son malos, ser un buen conductor significa que las propiedades del material por el cual fluye

la electricidad ofrece poca resistencia, es decir se pierde poca carga al pasar electricidad, por esto es que se dice que el cobre es un buen conductor, ofrece poca resistencia a la carga y por ende se pierde poca energía al pasar por él. La resistencia se mide en Ohms ( $\Omega$ ) y se puede calcular cuan resistente es un material aplicando una corriente de valor conocido al inicio de la resistencia y luego medir la densidad resultante de corriente a su salida, esto se calcula mediante la Ley de Ohm ( $\Delta V = I \times R$ )(36,37).

La resistividad es la propiedad de resistencia de un material en específico a cierta temperatura y se denomina con ( $\rho$ ). Por ejemplo, la resistividad del cobre a temperatura  $20^{\circ}\text{C}$  es  $1.69 \times 10^{-8} \rho$  ( $\Omega \text{ xm}^{-1}$ ). La resistencia de los huesos del tórax a la misma temperatura es de  $16.000 \rho$  ( $\Omega \text{ xm}^{-1}$ ) (36–38).

Extrapolando este concepto al diente, en donde se le aplica una pequeña corriente de intensidad (Amperes) conocida, donde la lima endodóntica y el ligamento periodontal actúan de terminales del circuito y los tejidos en el camino de la lima actúan como resistencia (según se muestra en la Figura 7). Utilizando la Ley de Ohm, se puede calcular la resistencia en diferentes lugares del SCR. Aquí es importante recordar que el valor de resistencia en el FA es de  $6.5 \text{ k}\Omega$ . Por lo tanto, estos LAEs marcaban en su pantalla APEX al llegar a los  $6,5 \text{ k}\Omega$ (36,38).



**Figura 7:** Modelo de resistencia simple, uso de un LAE de primera generación.

Adaptación de Nekoofar M.et al(38)

Sin embargo, estos LAEs presentaban desventajas, como la necesidad de tener un canal seco, ya que al haber en el canal electrolitos como sangre, tejidos,

exudado inflamatorio, etc. se generaba una despolarización de todo el SCR, lo que causaba lecturas erróneas, generalmente más cortas que la verdadera longitud. Otra desventaja era que, como se utilizaba una corriente continua de electricidad, es decir, una cantidad contante de volts por una unidad de tiempo, se generaba en el paciente una sensación de shock eléctrico doloroso, lo cual, es claramente desventajoso. Además, ignoraban los componentes de capacitancia del circuito, por lo que su precisión era dudable en algunos casos. Todas estas desventajas hacían que el uso de LAE fuera considerado menos confiable y preciso que la técnica radiográfica en la determinación de la LT (26,36,38).

### **6.1.2. LAEs de Segunda Generación, basados en la Impedancia.**

Frente a las limitaciones de los LAEs de primera generación, los fabricantes se dieron cuenta que el diente no funcionaba de manera tan sencilla como lo era un circuito simple, sino que era más complejo. El diente en su totalidad con su periodonto de protección funciona como un verdadero capacitador. Por esto se cambió el tipo de corriente, de corriente continua a corriente alterna (26).

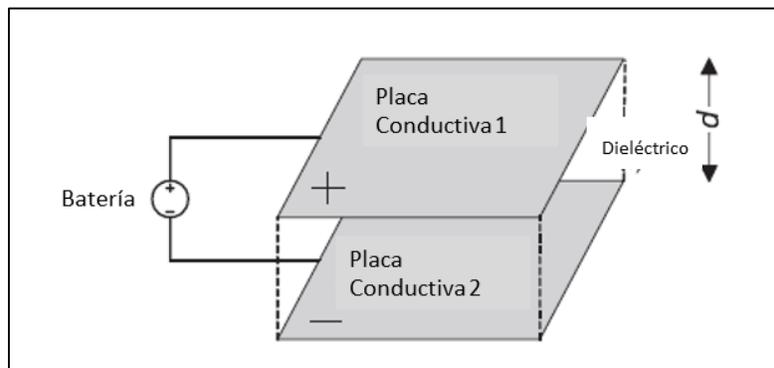
#### El Diente como Capacitador

Un capacitador es un elemento del circuito eléctrico el cual está formado por dos placas paralelas hechas de material conductor entre las cuales hay un material aislador, llamado dieléctrico. Al conectar el capacitador a una corriente continua, los electrones se mueven de una placa a otra haciendo que una placa se cargue negativamente y otra positivamente. De manera que al retirar el voltaje, queda carga almacenada en el capacitador (13,37,38).

La cantidad de corriente almacenada en el capacitador es definida por la

propiedad llamada capacitancia, la cual está determinada por tres factores; el área de sección transversal de las placas, la separación entre las placas y la constante dieléctrica (37,38).

Gracias al dieléctrico, en un circuito con corriente continua, el capacitor bloquea toda la carga. Pero al aplicar una corriente alterna (cuya frecuencia es representada en una onda sinusoidal), el capacitor permite pasar corriente generando algo de oposición, lo cual va a depender de las propiedades del capacitor y de la frecuencia de la corriente alterna (37,38).



**Figura 8:**

Capacitor simple conectado a una batería

(Fuente de Corriente Continua)

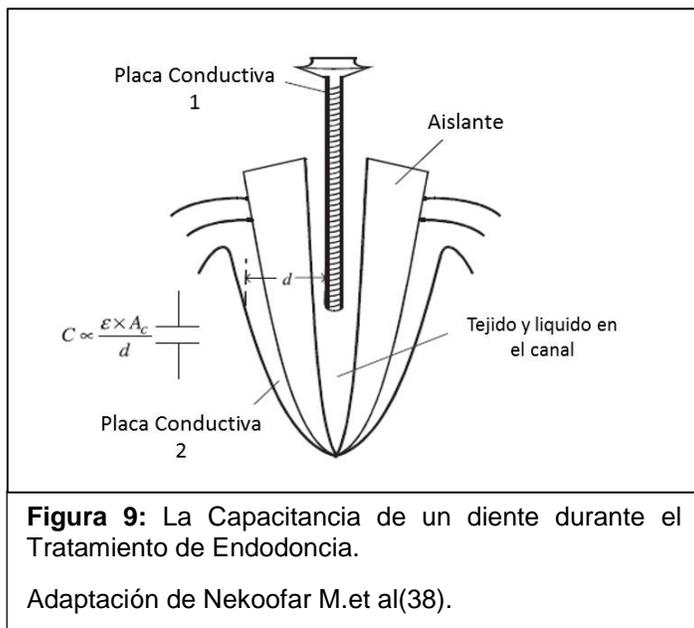
Adaptación de Nekoofar M.et al(38).

### Impedancia

Bajo este sistema en corriente alterna, con capacitadores y resistencias, es más adecuado usar la Impedancia ( $Z$ ) para determinar el cambio en el potencial eléctrico. La impedancia es el análogo a la resistencia en corriente continua, ya que es la oposición al flujo de corriente pero en un sistema de corriente alterna y considera tanto la resistencia como la capacitancia del sistema eléctrico (38).

Al aplicar una corriente alterna de alta frecuencia para medir la impedancia en el SCR no interfieren los electrolitos que antes generaban tantos problemas, ya que al ser de alta frecuencia, la carga que aportan los electrolitos es muy baja para generar una despolarización medible (38).

El diente funciona como un capacitador, las placas conductibles son el ligamento periodontal y la lima endodóntica conectada al LAE, el tejido pulpar, liquido, el cemento y la dentina por su parte funcionan como el dieléctrico. Al acercarse la lima al terminal del canal, se disminuye la resistencia (el dieléctrico es cada vez de menor grosor) (13,38).



Sin embargo, el problema que presentaba esta generación de LAEs era que cada diente era diferente en cuanto a su constante dieléctrica y por lo tanto en su impedancia. Esto significaba que antes de poder medir longitudes se debía calibrar el LAE, lo cual era un costo en tiempo y complicaba el proceso. El

proceso de calibración se llevaba a cabo midiendo en primer lugar el “sonido cervicular gingival” en el surco periodontal, ya que se suponía que la frecuencia de la impedancia de cada diente en el surco periodontal era idéntico al que se detectaba en el ligamento periodontal apical. Para determinar el “sonido cervicular gingival” se le colocaba a la lima una vaina de silicona aisladora, la cual era gruesa y muchas veces durante su uso se desajustaba. La vaina también era incómoda de usar en canales estrechos y perdía sus propiedades aislantes al ser esterilizada en autoclave. Todas estas desventajas eran

principalmente por que se tenía que usar una sola frecuencia de corriente alterna a baja frecuencia. Estas dificultades se superaron al momento de introducir múltiples frecuencias, siendo una de ellas de alta frecuencia (12,26,38,39).

A pesar de sus limitaciones, todavía importantes, los LAEs de segunda generación ya alcanzaban mayor precisión en sus mediciones. Por ejemplo, Endo Analyser (Analytic/Endo, Orange California, USA) solo era preciso un 67% de las veces, llegando a +/- 0.5m del ápex. Sono Explorer llegaba a un 92% de precisión, dependiendo de la metodología en la cual se usaba (26).

### **6.1.3. LAEs de Tercera Generación, Impedancia por multifrecuencia**

Son similares a los LAEs de segunda generación, pero tienen la diferencia de que usan múltiples frecuencias sinusoidales simultáneamente para poder determinar la longitud del canal. Estas unidades también cuentan con micro procesadores más potentes y pueden procesar el cociente matemático de las impedancias de las frecuencias y los algoritmos, de manera que entregan resultados más precisos que los anteriores (12,36).

En general, funcionan con dos ondas, una de alta frecuencia y otra de baja frecuencia. La razón entre las impedancias de estas dos frecuencias permite determinar la posición de la lima en el canal (38).

$$\text{Razón} = Z (\text{Frecuencia alta}) / Z (\text{Frecuencia baja})$$

Al estar la lima lejos del final del canal, la capacitancia es prácticamente inexistente, ocasionando que la Razón tenga un valor cercano a uno. A medida que la lima se acerca al final del canal, la capacitancia cobra importancia, ya que su valor aumenta (al aumentar el área de las placas y disminuir la distancia del dieléctrico), ocasionando que la Razón decrezca en relación a las frecuencias

utilizadas. Por ejemplo, el LAE Root ZX utiliza frecuencias de 8kHz y 400Hz, lejos del término del canal la razón de las impedancias de las distintas frecuencias es cercana a 1, pero al llegar al final del canal, según los fabricantes, la razón es 0.67 (26,38).

Este fenómeno al estar relacionado a la morfología de la constricción apical, la falta de esta ya sea por reabsorción apical externa, ápices abiertos o canales calcificados impedirían el correcto uso de este tipo de LAE. Por lo que una desventaja de estos LAE es que dependen de la morfología del canal para su correcto funcionamiento(38).

La medición realizada por este tipo de LAE es totalmente independiente de los electrolitos presentes en el canal, ya que al analizar la razón entre las dos frecuencias, los electrolitos afectan a ambas (numerador y denominador), de manera que matemáticamente los valores aportados por los electrolitos se cancelan (38).

Contrariamente, algunos estudios de Hoer(40) demostraron que el uso de la impedancia no resultaba un medio tan preciso para determinar la constricción apical, sino que, bajo condiciones clínicas, sólo determinaba la región entre el foramen apical y la constricción apical (38,40).

#### **6.2.4 LAEs de Cuarta Generación**

En este punto de la clasificación hay poco consenso entre los autores y la diferencia entre las generaciones no está clara. Nosotros utilizaremos la clasificación descrita por Razavian et al(24).

Los LAE de cuarta generación, utilizan el mismo sistema de impedancia que los LAEs de tercera generación, pero cambian el modo de analizarlo. LAEs como el Bingo 1020 utilizan dos frecuencias, pero no las utiliza de forma simultánea

como los LAEs de tercera generación, sino que separada, obtiene los valores de resistencia y capacitancia para cada frecuencia, y luego determina la razón entre ellas. Otros LAEs de cuarta generación utilizan múltiples frecuencias, midiendo los componentes de impedancia para cada una de ellas, luego integra esta información para determinar la ubicación de la constricción apical. Este cambio en la impedancia lo mide por el cambio repentino entre la capacitancia y resistencia. Hay algunos LAEs que además comparan los resultados obtenidos con las mediciones promedio (12,38,39).

#### **6.1.5. Otras Generaciones de LAEs. Los Adaptativos.**

También llamados LAE adaptativos, buscan determinar la humedad del canal y según esa información realizar una medición más precisa, adecuándose al ambiente del SCR (39).

Estos son muy nuevos, fueron lanzados al mercado el año 2014, por lo que hasta el momento la literatura disponible es escasa.

### **7. Pasos Clínicos en la utilización de LAE**

1. Radiografía Previa; una buena Radiografía Previa, sin distorsiones es esencial. Con ella podemos observar la anatomía radicular de la pieza y la forma del SCR, además de obtener una longitud aproximada del diente, lo cual es útil al momento de utilizar el LAE (26).
2. Cavity de Acceso; es importante en esta etapa eliminar restos de restauraciones metálicas para evitar corto circuitos y errores en la lectura. Los fabricantes de LAE también recomiendan que la cámara pulpar esté seca por esta misma razón(26).
3. Antes de utilizar el LAE se debe verificar que tenga suficiente batería, ya que al presentar poca carga, el fabricante advierte que puede generar lecturas erróneas (26).

4. Se debe confirmar el buen funcionamiento del LAE uniendo el clip labial con el gancho para el instrumento. Al unirlos debe marcar APEX o Cero en la pantalla (26).
5. Hay autores que recomiendan la instrumentación de los dos tercios coronarios utilizando la longitud aparente del diente obtenida en la radiografía previa, esto permite eliminar factores que podrían entorpecer la conductometría con el LAE, como por ejemplo, curvaturas y evitaría la proyección de microorganismos de los tercios coronales hacia el tercio apical. Otros autores en cambio, proponen realizar una medida tentativa con el LAE y con esta medida instrumentar los dos tercios coronarios, para nuevamente utilizar el LAE para corroborar la LT, la cual pudo haber cambiado al instrumentar la porción coronal del canal, como en el caso que haya habido una curvatura muy pronunciada (26,41).
6. Conductometría Electrónica; manteniendo la cavidad pulpar seca, se rellena el SCR con irrigante conductivo, por ejemplo NaOCl. El instrumento endodóntico que se utiliza para la medición debe tocar las paredes del canal, por lo que el operador debe elegirlo con una conicidad adecuada según el canal. El material del que esté compuesto no influye en las mediciones. Se introduce el instrumento lentamente por el canal, el LAE irá marcando en la pantalla aproximaciones del lugar del canal en que se encuentra el instrumento. Cuando en la pantalla se marca APEX o cero, se recomienda sobrepasar levemente este punto, ya que según los fabricantes los LAE son más precisos al entrar en contacto con el LP, luego se retrocede para llegar de nuevo al punto APEX, se coloca el tope de silicona en este punto, se retira el instrumento y se vuelve a introducir para reconfirmar la medición. Se le resta a esta medida 0.5 a 1mm para obtener una LT a la altura estimada de la constricción apical (26).
7. En el caso de que el LAE dé lecturas inestables, ya sea que marque APEX de forma intermitente o erráticamente, no se puede confiar en esta lectura. Esto se puede deber a calcificaciones, exceso de exudado inflamatorio, medicamentos en el SCR, pero también puede ser por falta de batería o que la cámara pulpar haya aun restos de restauraciones metálicas o que este inundada del irrigante. Se recomienda en estos casos evaluar la situación clínica y según lo encuentre

pertinente el operador, posponer la conductimetría para otra sesión o utilizar otro método de determinación de LT (26).

## **8. Contraindicaciones en pacientes con Aparatos Electrónicos Cardiacos Implantables**

Los Aparatos Electrónicos Cardíacos Implantables (AECI) son pequeños aparatos que funcionan a base de baterías de litio, colocados quirúrgicamente cerca de la clavícula izquierda e indicada en pacientes con enfermedades cardiacas para asegurar su sobrevivencia, detectando e interpretando las señales cardíacas internas. Entre estos encontramos los Marca Pasos y los Desfibriladores Cardíacos Implantables. Estos, respectivamente, tratan la baja frecuencia cardíaca (“marcando el paso” de la contracción cardíaca) o arritmias importantes (enviando un shock que genera una desfibrilación) (26,42,43).

Dispositivos electrónicos y electromagnéticos imitan o interfieren con las lecturas de estos AECI, lo que puede generar una alternación en su funcionamiento normal, ya que generarían errores en la lectura de las frecuencias propias del corazón (26,42).

Actualmente los AECI de última generación presentan una cubierta hermética, la cual impide que las ondas electromagnéticas presentes en la vida diaria del paciente interfieran con ellos. Sin embargo, frente a la duda si los distintos aparatos electrónicos utilizados en las distintas áreas de la Odontología afectan al funcionamiento de los AECI, los fabricantes de LAEs advierten de posibles alteraciones en los AECI. Se han realizado varios estudios para determinar si afectan a este tipo de paciente (26,42,44).

Sobre como afectan los LAEs a los AECI la literatura es variada, algunos estudios aseguran que sí los afectan, mientras que otros aseguran que no. Algunos estudios aseguran que depende del LAE, en donde los más antiguos sí generaban alteraciones en los ACEI (26,43,45).

Los estudios que postulan que sí afectan los LAEs al funcionamiento de los AECl. Como el de Gómez et al(46), en el que sí se observaron interferencias electromagnéticas al acercar el LAE a una distancia menor de 2cm del electrodo o generador del AECl y no detectaron alteración si es que se mantenía a una distancia de más de 15cm ente ambos dispositivo. Además, lo cambio generados no fueron permanentes (26,46).

Los que aseguran que no afectan, postulan que los LAE de tercera y cuarta generación no generan alteraciones en el funcionamiento del AECl. Esto se observó en estudios *in vitro* e *in vivo* (26,36,43–45,47,48).

Es fundamental siempre realizar la interconsulta con el cardiólogo al tratar este tipo de pacientes, en primer lugar para asegurar el bien estar del paciente durante el tratamiento, para asegurarse que el ACEI sea de última generación, y por razones médico-legales (26,48).

## **9. Otros usos de LAEs**

Hay varios autores que postulan que los LAEs no sólo son útiles para determinar la longitud de la pieza dentaria a tratar, sino que también pueden ser utilizados para detectar perforaciones y posiblemente fracturas radiculares (26,49).

Al sospechar una perforación hacia el espcaio del ligamento periodontal, accidente también conocido como “Stripping”, se puede ubicar a que altura ocurrió utilizando el LAE con una lima fina. Cuando la punta de la lima llegue al lugar de la perforación, marcará como APEX, ya que al entrar en contacto con el ligamento periodontal, llegará al mismo valor de impedancia que si hubiese llegado al ligamento periodontal apical (26,48).

En el caso de las perforaciones, según el estudio en vitro de Azabal et al(49), los LAEs detectaban de manera precisa las fracturas horizontales, pero no era confiables en el caso de las fracturas verticales.

## **Objetivos**

### **a).- Objetivo General:**

Describir el estado del arte a partir de la literatura disponible, en una revisión de estudios que busquen determinar precisión y confiabilidad de las técnicas radiográfica y electrónica en la determinación de Longitud de Trabajo en Endodoncia.

### **b).- Objetivos Específicos:**

1. Realizar una búsqueda de publicaciones que den cuenta de la precisión y confiabilidad de las técnicas radiográfica y electrónica en la determinación de Longitud de Trabajo.
2. Seleccionar aquellos estudios que cumplan con los criterios de elegibilidad adoptados para esta Revisión.
3. Describir los métodos y procedimientos utilizados para recoger y analizar datos en la búsqueda de información en estudios actuales y de significativa validez científica sobre ambas técnicas de determinación de LT.
4. Contrastar los resultados obtenidos en los estudios seleccionados sobre el uso de Localizadores Apicales Electrónicos de Cuarta Generación en la determinación de Longitud de Trabajo.
5. Contrastar los resultados obtenidos en los estudios seleccionados sobre el uso de la técnica radiográfica en la determinación de Longitud de Trabajo.
6. Contrastar los resultados obtenidos en los estudios seleccionados donde se mide eficacia o eficiencia de ambas técnicas utilizadas en la determinación de Longitud de Trabajo.

## MATERIAL Y MÉTODO

### 1. Estrategia de Búsqueda

Esta se realizó revisando distintas bases de datos electrónicas, PUBMED, EMBASE, MEDLINE y EBSCO (Base de dato de la Universidad Finis Terrae).

Se consideraron publicaciones desde el año 2000 hasta el 2015 utilizando palabras claves como APEX LOCATOR, FOURTH GENERATION APEX LOCATORS, ELECTRONIC APEX LOCATOR, RADIOGRÁFIC, RADIOGRAPHIC TECHNIQUE, WORKING LENGTH, ACCURACY, ENDODONTIC THERAPY, ENDODONTIC TREATMENT y la combinación de éstas en el buscador de la base de datos. Sólo se eligieron publicaciones en inglés y en español.

Obteniéndose como resultado un total de 170 trabajos, de los cuales se seleccionaron 43 artículos de acuerdo a los criterios de elegibilidad propuestos previamente y que se describen a continuación.

### 2. Criterios de Elegibilidad

#### Inclusión

- **Población:** piezas dentarias permanentes humanos con ápices completamente formado, sin fracturas o reabsorciones apicales externas. Número mayor igual a 20.
- **Intervención:** pruebas comparativas o experimentales *in vivo*, *in vitro* o *ex vivo* en estudios donde se compararan: (i) LAEs de cuarta generación con otros LAEs; (ii) el uso de LAEs de cuarta generación con el uso de radiografías y (iii) para estudios que evaluaban las diferentes técnicas y tipos de radiografías en la determinación de LT.
- **Control:** que el control fuera mediante resultados de sección histológica (Gold Standard), en donde se observaba a través de algún tipo de microscopio la ubicación de la lima en el canal.
- **Resultados:** Ubicación de la lima a una distancia aceptable de la constricción apical
- Todos los estudios debían tener consignado la aprobación de un comité de ética.

## **Exclusión**

Los criterios de exclusión fueron:

- Estudios realizados con anterioridad al año 2000.
- Estudios cuyo Gold Standard no fuese explicitado o no coincida con el descrito en los criterios de inclusión.
- Estudios que utilizaban las mismas radiografías como control.
- Estudios no experimentales.

Finalmente tras la consideración de los criterios de elegibilidad por parte de los dos revisores, se seleccionaron 43 artículos.

### **3. Distribución de los Estudios Seleccionados**

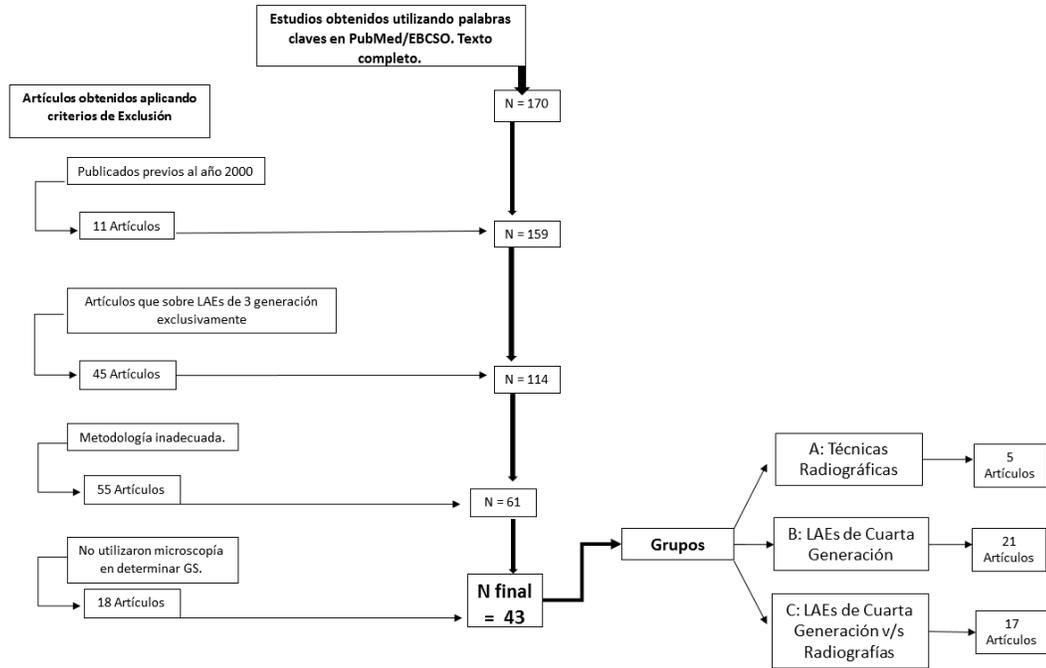
Para el análisis de la evidencia los distintos estudios fueron clasificados en tres grupos, considerando su objetivo:

**Grupo A:** Conformado por estudios donde se analizaron diferentes técnicas radiográficas en cuanto a su precisión para determinar la Longitud de Trabajo.

**Grupo B:** Conformado por estudios cuyo fin fue comparar la precisión entre diferentes LAEs de IV generación o con otros LAEs de III generación.

**Grupo C:** Conformado por estudios en donde se comparan LAEs de IV Generación con diferentes técnicas radiográficas. En ocasiones se comparaba más de un LAE, lo importante fue que al menos uno de estos LAEs fuera de IV generación.

Los primeros dos grupos, aunque no constituyen el objetivo del trabajo, podrían aportar al lector información relevante respecto del desempeño de cada técnica por sí sola, en contexto, del tema a tratar en este estudio.



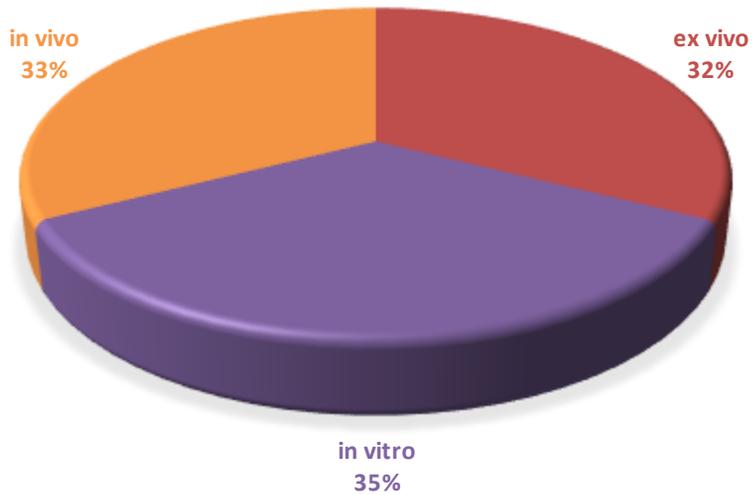
**Figura 10:** Diagrama de Flujo

**Figura nº 10.** Diagrama de selección.

En relación a la representación del tipo de estudio en la totalidad de la muestra se presenta la Figura 11 y su distribución de acuerdo al grupo de pertenencia en la Tabla I.

**Tabla I:** Distribución de los estudios seleccionados.

Tipo de Estudio	GRUPOS					
	Grupo A		Grupo B		Grupo C	
	N	%	N	%	N	%
<i>In vivo</i>	0	0.0%	9	43.0%	5	29.5%
<i>Ex vivo</i>	0	0.0%	9	43.0%	5	29.5%
<i>In vitro</i>	5	100.0%	3	14.0%	7	41.0%
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>		<b>21</b>		<b>17</b>	



**Figura 11:** Distribución de los estudios seleccionados.

Es importante destacar que en la mayoría de los estudios se utilizaron dientes con ápices maduros, sin fracturas radiculares y sin signos de reabsorciones radiculares. Además, en muchos de Ellos se usaron piezas dentarias humanas sanas con indicación de extracción por motivos periodontales, ortodónticos o protésicos.

## **DISCUSIÓN**

### **Grupo A: Técnicas Radiográficas.**

#### **1. Radiografías Convencionales**

Dos estudios evaluaron la precisión de radiografías convencionales para determinar la ubicación del FA. El Ayouti et al(50) lo realizaron en dientes extraídos, confirmando la ubicación real del FA mediante el uso de un microscopio estereoscópico. Williams et al(51) realizaron el estudio en pacientes con indicación de exodoncia, tomaron las radiografías con la lima en el SCR, luego cementaron la lima y realizaron las exodoncias, este estudio por lo tanto refleja de mejor manera la realidad clínica, evaluó la posición real del FA mediante un microscopio videomicrometro. Ambos concluyeron que las mediciones realizadas con radiografías no eran confiables, El Ayouti(50) et al comenta que una lima ubicada a 0-2mm del FA no garantiza que ésta no esté sobre pasada en molares y premolares. De la misma manera, Williams et al(51) señalan que cuando la lima pasa el FA en realidad está más sobre pasada de lo que se ve en la radiografía y cuando esta “corta” del FA en realidad está más cerca del FA e lo que se ve en la radiografía.

#### **2. Radiografías Convencionales en comparación con Radiografías Digitales**

Algunos autores no sólo evaluaron la precisión de determinar la LT mediante radiografías convencionales, sino que buscaron comparar los sistemas de radiografías digitales con los sistemas de radiografía convencionales en la determinación de la LT (o de un parámetro microanatómico para luego determinar la LT) ( 25, 52,53). Estos investigadores utilizaron para su estudio un sistema de radiografía digital tipo CMOS, para luego compararlos con radiografías convencionales y concluyeron que ambos sistemas no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Por su parte Ravi V. et al (53), agregan que las radiografías digitales arrojaban mediciones significativamente más largas que el control (Gold Standard

visualización bajo microscopio) en comparación con las radiografías convencionales, las cuales entregaban resultados de mayor precisión. Sin embargo, la diferencia es de 0.10mm lo cual clínicamente no es relevante (25,52,53).

La técnica radiográfica utilizada influye en la calidad de la imagen y por lo tanto en la precisión (52,53). Resulta vital entonces que en los trabajos de investigación, se especifique si se utilizaron radiografías convencionales o digitales, y en el caso de las digitales que tipo CCD, CMOS o PSP. No obstante en un número importante de estudios se omite mencionarlo.

Es necesario que en los estudios se especifique que tipo de radiografías se utilizó, ya que, muchos estudios pasan por alto este detalle, el cual es relevante.

### **Grupo B: LAEs de Cuarta Generación.**

Los artículos revisados en su mayoría comparaban a un LAE de cuarta generación con otros LAEs, muchas veces se comparaba con el LAE de tercera generación Root ZX, del cual se encuentran muchos estudios con excelentes resultados, por lo que es considerado como un LAE confiable. Los LAEs de cuarta generación más estudiados, dentro de los artículos seleccionados, fueron el Propex, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, Raypex 5 y Novapex. En cambio, hubo pocos estudios sobre LAE iPex, Apex NRG, y Endomaster.

En cuanto al LAE iPex, Vasconcelos B. et al(54) lo compararon con Root ZX y RomiApex, luego realizaron un nuevo estudio donde lo compararon con RootZX, Propex y Mini Apex locator. Stöber E. et al(55) evaluaron el desempeño de iPex en relación a Root ZX. Ambos estudios concluyeron que todos los LAEs determinaron la LT con la misma precisión, es decir, los resultados obtenidos no presentaban diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

El único artículo que estudió al LAE Apex NRG fue el de Ebrahim A. et al(56), ellos compararon a este LAE con otros tres LAEs, Root ZX, Foramatron D10 y Apit 7 en su determinación de LT en forámenes de diferentes diámetros. Concluyeron que ninguno de los LAEs estudiados obtuvo resultados confiables para determinar la LT,

dentro de los cuales Root ZX y Foramatron D10, ambos de tercera generación, obtuvieron los resultados más aceptables (56).

Hay varios estudios realizados con el LAE Propex, estos consideran que en comparación con otros LAEs estudiados, Propex presenta un buen desempeño en la determinación del FA(57–60). De estos estudios, Özsezer E. et al(58) evaluaron la precisión de Propex por sí sólo, pero bajo diferentes irrigantes, concluyendo que presentaba muy buen desempeño en la determinación del FA, especialmente con Clorhexidina. Vasconcelos B. et al(57) comparó a Propex con Root ZX, Mini Apex Locator, iPex y RomiApex A-15. Luego, en otro estudio lo evaluaron junto a Root ZX(60). Somma F. et al(59) lo compararon a Dentaport ZX y Raypex 5. Según estos autores, todos los LAEs estudiados no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellos, tampoco hubo diferencias significativas en cuanto al Gold Standard en la determinación del FA(57–60).

Plotino G et al(61) estudiaron Propex en comparación de otro LAE de cuarta generación, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator y de Root ZX, el cual es a su vez un LAE de tercera generación, en piezas uniradiculares. Concluyeron que todos los LAEs estudiados eran preciso a 0.5 mm de la CA.

Otros autores que estudiaron el LAE Elements Diagnostica Unit and Apex Locator y llegaron a diferentes resultados(62–65). Bernardes R. et al(62) estudiaron a Elements Diagnostic Unit and Apex Locator en comparación con Root ZX y RomiApex D-30, en incisivos maxilares uniradiculares. Concluyeron que los tres LAEs presentaron una buena precisión a 1mm corto del FA. Pascon A. et al(66) compararon a Elements Diagnostic Unit and Apex Locator con Dentaport ZX, Raypex en cuanto a la precisión de determinar la LT. Concluyeron que ninguno de los LAEs estudiados fueron cien por ciento precisos, dentro de los cuales Elements Diagnostic Unit and Apex Locator fue el menos preciso de los tres. Guise G. et al(64) compararon Elements Diagnostic Unit and Apex Locator con Root ZX y Precision Apex Locator, encontraron diferencias significativas entre los tres LAEs, siendo Root ZX el más preciso. Ding J. et al(65) no sólo estudiaron la precisión de Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, Raypex 5 y Root ZX en determinar la CA, sino

también como influenciaban en la precisión factores morfológicos. Concluyeron que las características morfológicas sí influenciaban el desempeño del LAE y que Root ZX estuvo más cerca del FA cuando marcaba la constricción apical en la pantalla.

Silveira L. et al(18) estudiaron al LAE de cuarta generación Novapex con diferentes LAEs de tercera generación. Concluyeron que los LAEs fueron similares en cuanto a su desempeño y que obtuvieron resultados aceptables en la determinación de la LT.

Muchos estudios evaluaron la precisión de Novapex en comparación con otros LAEs de tercera y cuarta generación, todos concluyeron que Raypex era confiable para determinar la LT, al igual que los otros LAEs estudiados junto con éste. En estos estudios se incluyeron tres versiones de Raypex; Raypex 4, Raypex 5 y Raypex 6. (67,68)

En cuanto al LAE Raypex 4, El Ayouti A. et al(68) lo compararon con Root ZX y Apex Pointer, concluyendo que los tres LAEs pueden ser utilizados para determinar la LT ya que no hubo resultados estadísticamente significativos entre los tres. Hör D. et al(67) estudiaron a Raypex 4 con respecto a Justy II, un LAE de tercera generación, ambos LAEs no determinaron bien la CA, pero sí determinaron correctamente el FA (67,68).

Varios autores estudiaron a Raypex 5. Stavrianos C. et al(69) buscaron evaluar su precisión en condiciones clínicas, concluyendo que aunque no es completamente preciso, Raypex 5 es un método adecuado para determinar la zona entre la CA y FA. Stöber E. et al (55) lo compararon con Mini Apex Locator en la determinación de la LT *in vivo*, bajo estas condiciones ambos LAEs se comportaron de manera similar. Swapna D. et al(70) realizaron un estudio similar, pero comparando a Raypex 5 con Root ZX, también concluyeron que no habían diferencias significativas entre ambos LAEs. Kustarci A. et al(71) evaluaron a Raypex 5 con Dentaport ZX, un LAE de tercera generación y Endomaster, un LAE de cuarta generación. Este estudio *in vitro* obtuvo como resultados que no hay diferencias significativas entre los tres LAEs.

En cuanto al LAE Raypex 6, Moscoso S. et al(72) lo compararon a Dentaport ZX, en cuanto a la precisión de la determinación del FA bajo condiciones clínicas, no hubo diferencias significativas entre ambos. Aydin U. et al(73) lo evaluaron con Root ZX en dientes con diferente diámetro de FA, concluyeron que ambos son similares en ápices maduros, sin embargo la precisión decae al aumentar el diámetro del FA.

### **Grupo C: LAEs de Cuarta Generación en comparación con Técnicas Radiográficas**

Se compararon varios LAEs con diferentes técnicas radiográficas. En la mayoría de los estudios se limitaban solamente a comparar ambos métodos de determinación de LT, sin embargo, unos pocos autores incluían diferentes aspectos a sus estudios. Por ejemplo, Sadeghi S. et al(74) quienes además de estudiar la precisión del Raypex 5 con la determinación radiográfica de LT, también evaluaron su desempeño en canales rectos y curvos. Concluyeron que en canales curvos la LT radiográfica sí se ve afectada, mientras que la LT electrónica no.

Muchos autores evaluaron el método radiográfico con un solo LAE, pero otros lo compararon con varios LAEs. Shahi S. et al(75) evaluaron a Novapex con una técnica radiográfica, utilizaron primeros y segundos molares inferiores con diagnóstico de Pulpitis Irreversibles. En sus resultados describen que el método electrónico fue más preciso que el radiográfico, pero no fue estadísticamente significativo, también dejan en claro que ninguno de los dos métodos son cien por ciento confiables, sin embargo sí se pueden utilizar para determinar la LT obteniendo buenos resultados(75).

Otros compararon a Propex con diferentes técnicas radiográficas y concluyeron que el LAE era más preciso que la técnica radiográfica en determinar la LT(76–81). Entre los cuales cabe destacar a Mancini M. et al(80) quienes señalaron que la técnica radiográfica tiende a dar mediciones más cortas, especialmente en premolares.

También algunos autores estudiaron al LAE Raypex(82–85). Entre ellos hay autores que concluyen que no hay diferencias significativas entre los LAEs estudiados, pero que sí hay diferencias entre las mediciones radiográficas y electrónicas, en relación al Gold Standard, siendo los LAEs más precisos y confiables que las mediciones obtenidas mediante radiografías(83). Mientras que otros postulan que no hay diferencias significativas entre los LAEs estudiados y las técnicas radiográficas en cuanto a la longitud real del SCR(82,84,85).

Sadeghi S. et al(74) estudiaron a Raypex y métodos radiográficos en cuanto a su precisión en la determinación de LT en canales curvos y rectos. Concluyen que en canales curvos, los LAEs son más precisos que las radiografías en determinar la LT.

La mayoría de los autores que estudiaron el LAE Elements Diagnostic Unit and Apex Locator lo compararon con otros LAEs de tercera o cuarta generación, los únicos que estudiaron este LAE por sí sólo fueron Khateeb S. et al(84) quienes concluyeron que no hay diferencias significativas entre los resultados obtenidos por el LAE y las técnicas radiográficas convencionales y digitales estudiadas.

Varios autores compararon Elements Diagnostic Unit and Apex Locator con Root ZX y a estos con radiografías, con el fin de determinar si habían diferencias entre ellos. Llegaron a conclusiones diferentes, Oliver R. et al(85) concluyeron que ambos LAEs de cuarta y tercera generación, al igual que las radiografías, son igualmente aceptables para determinar la LT. Es decir no hubo diferencias significativas entre ambos métodos y tampoco hubo diferencias entre los dos LAEs utilizados. Mientras que Vieyra J. et al(86) y Tselnik M. et al(87) determinaron que no hubo diferencias significativas entre ambos LAEs, pero sí hubo diferencias significativas entre los resultados obtenidos con los LAEs y las técnicas radiográficas, siendo los LAEs superiores en precisión a las radiografías en la determinación de LT.

Vieyra J. et al(83) estudiaron a Elements Diagnóstico Unit and Apex Locator con otros tres LAEs de cuarta generación y con radiografías en cuanto a la determinación de la CA. Concluyeron que no hubo diferencias significativas entre

los tres LAEs, estudiados, pero sí hubo diferencias entre los LAEs el método radiográfico, siendo más precisos los LAEs.

Goncalves Real D. et al(88) Estudiaron a Elements Diagnostic Unit and Apex Locator junto con otros dos LAEs de tercera generación, Root ZX y Justy II, con el método radiográfico para determinar la LT. Concluyeron que los LAEs fueron más precisos que las radiografías, dentro de los cuales, Root ZX y Elements Diagnostic Unit and Apex Locator fueron más precisos que Justy II.

Kaufman A. et al(89) estudiaron a Bingo 1020 en un estudio *in vitro*, concluyeron que los resultados obtenidos por el LAE fueron más cercanos a la longitud real del canal en comparación con las mediciones obtenidas con las radiografías.

Radhu K. et al(90) estudiaron a iPex y lo compararon con el método radiográfico de Ingle, concluyeron que ambos métodos eran igualmente confiable al momento de realizar la conductometría.

Es interesante comentar dos estudios, realizados por Ravenshad S. et al(91) y Jain A. et al(92), ambos fueron excluidos por no utilizar el Gold Standard propuesto en el diseño del estudio. Utilizaron, en cambio, resultados clínicos de obturación como su control, por lo que estos estudios poseen un gran valor clínico al evaluar la eficiencia de ambos métodos y no sólo su precisión. Es importante tener en cuenta este aspecto, ya que es necesario realizar estudios desde esta perspectiva, ya que aportan un mayor valor clínico.

## **CONCLUSIÓN**

Esta revisión de la literatura, en donde se buscó conocer el estado del arte sobre las técnicas radiográficas y electrónicas en la precisión de la determinación de LT, se pudo observar al respecto que no existe consenso entre los autores. Sin embargo, la evidencia sugiere que el uso de LAEs de cuarta generación podrían ser una gran ayuda al momento de determinar esta longitud.

Los LAEs de cuarta generación, según la evidencia, son mejores o semejantes a las radiografías, ninguno de estos estudios dice que su desempeño es inferior, fueran éstas convencionales o digitales. El debate sobre si los LAEs pueden reemplazar las radiografías de conductometría es un tema que requiere de estudios adicionales para valorar esta alternativa. Faltan estudios clínicos que comparen distintos LAEs presentes en el mercado.

La gran mayoría de los autores sostiene la imposibilidad que los LAEs reemplacen completamente las radiografías en los tratamientos de endodoncia, las radiografías periapicales siguen siendo esenciales durante el tratamiento endodóntico, en especial las iniciales y finales, las cuales nos aportan valiosa información sobre la anatomía y distribución del SCR. Aunque los LAEs sí pueden ayudar en reducir el número de radiografías tomadas durante la conductometría.

En atención a los hallazgos encontrados en esta revisión de la literatura, sería interesante proponer para futuras investigaciones que no sólo se averigüe la precisión de las técnicas, sino que también su relación en cuanto al éxito o fracaso clínico. Al respecto se sugiere la realización de nuevos estudios que idealmente consideren margen de error de 0.5mm en la posición de la lima respecto del parámetro anatómico y con diseños metodológicos cuyos resultados permitan orientar al clínico a una práctica basada en la evidencia científica, respecto de la presión y confiabilidad de los distintos métodos de determinación de la Longitud de Trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Sadler TW. Langman. Embriología médica. 11ª.ed. Barcelona, España: Wolters Kluwer Health; 2010.
2. Montenegro MA, Mery C, Aguirre A. Histología y Embriología del Sistema Estomatognático. Santiago, Chile: Ediciones Universidad de Chile; 1997.
3. Gomez de Ferrari ME, Campos Muñoz A. Histología y embriología bucodental. 2ª. ed. Barcelona, España; Editrial Panamericana; 2002. p 85-367.
4. Pashley DH, Walton RE, Slavkin HC. Histology and Physiology of The Dental Pulp. 5a. ed. Londres, Inglaterra: Endodontics; 2002.
5. Harrgreaves K, Cohen S, Berman LH. Pathways of the pulp. 10a.ed. Missouri E.U.;2011.
6. Ponce EH, Vilar Fernández JA. The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and the apical constriction: evaluation by optical microscopy. J Endod. 2003;29(3):214–9.
7. Wu MK, Wesselink PR, Walton RE. Apical terminus location of root canal treatment procedures. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2000;89(1):99–103.
8. Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. Int Endod J. 1984;17(4):192–8.
9. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. Int Endod J. 1998;31(6):394–409.

10. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Am Dent Assoc.* 1955;50(5):544–52.
11. Green D. A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surg, Oral Med Oral Pathol.* 1956;9(11):1224–32.
12. Gordon MPJ, Chandler NP. Review. Electronic Apex Locators. *Int Endod J.* 2004;37:425–7.
13. Ali R, Okechukwu NC, Brunton P, Nattress B. An overview of electronic apex locators: part 1. *Br Dent J.*; 2013;214(4):155–8.
14. Stein TJ, Corcoran JF. Anatomy of the root apex and its histologic changes with age. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1990;69(2):238–42.
15. Mandlik J, Shah N, Pawar K, Gupta P, Singh S, Shaik SA. An in vivo Evaluation of Different Methods of Working Length Determination. *J Contemp Dent Pract.* 2013; 14 (4):644–8.
16. Saquib I. Endodontology Electronic Apex Locators - a Millenium Perspective. *J Endod.* 2005; 17(2):37–41.
17. Green D. A stereomicroscopic study of the root apices of 700 maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1960;13(6):728–33.
18. Silveira LFM, Petry F V., Martos J, Neto JBC. In vivo comparison of the accuracy of two electronic apex locators. *Aust Endod J.* 2011;37(2):70–2.
19. Martos J, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Castro L a S.

- Topographical evaluation of the major apical foramen in permanent human teeth. *Int Endod J.* 2009;42(4):329–34.
20. Burch JG, Hulen S. The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1972;34(2):262–8.
  21. Siqueira J. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can bail. *Int Endod J.* 2001;34(1):1–10.
  22. Ingle J SJ. Outcome of Endodontic Treatment and Re-Treatment. *Ingle's Endod.* 2002; 33(11):747–68.
  23. Schaeffer M, White R, Walton R. Determining the Optimal Obturation Length: A Meta-Analysis of Literature. *J Endod.* 2005;31(4):271–4.
  24. Razavian H, Vali A, Ziaei F, Mosleh H, Khazaei S. Electronic apex locator: A comprehensive literature review - Part I: Different generations, comparison with other techniques and different usages. *Dent Hypotheses.* 2014;5(3):84.
  25. Melius B, Jiang J, Zhu Q. Measurement of the distance between the minor foramen and the anatomic apex by digital and conventional radiography. *J Endod.* 2002;28(2):125–6.
  26. Ali R, Okechukwu NC, Brunton P, Nattress B. An overview of electronic apex locators: part 2. *Br Dent J.* 2013;214(4):155–8.
  27. Rosenberg DB. *Dentistry Today* [<http://www.dentistrytoday.com>]. E.U.: The Paper Point Technique. Part 1. ; 8/2/2005 [visitado Septiembre 2015] Disponible en: <http://www.dentistrytoday.com/endodontics/1106--sp-1365656792>

28. Forrai J. History of x-ray in dentistry. *Rev. Clin. Pesq. Odontol.* 2007;3(3):205–11.
29. Kapila R, Dhaliwal A, Singh N, Bv S. History of X-rays in Dentistry. *Annals of Dental Research*; 2013;2(1):22–5.
30. Patel S, Dawood a., Whaites E, Pitt Ford T. New dimensions in endodontic imaging: Part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *Int Endod J.* 2009;42(6):447–62.
31. Viñuela D. Clase Magistral Conductometría en Endodoncia. MED Cuarto año. Fac. de Odontología, Universidad Finis Terrae; 2013.
32. Brunton PA, Abdeen D, MacFarlane TV. The effect of an apex locator on exposure to radiation during endodontic therapy. *J Endod.* 2002;28(7):524–6.
33. Shah N. Recent advances in imaging technologies in dentistry. *World J Radiol.* 2014;6(10):794.
34. Parks ET, Williamson GF. Digital radiography: An overview. *J Contemp Dent Pract.* 2002;3(4):24–36.
35. Parks ET. Digital Radiographic Imaging. *J Am Dent Assoc*; 2008;139(4):477–81.
36. Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. Electronic apex locators - A review. *J Med Dent Sci.* 2007;54(3):125–36.
37. Resnick R, Halliday D, Krane K. Física. 4ª.ed. México: Cecsá; 2005.
38. Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PMH. The fundamental

- operating principles of electronic root canal length measurement devices. *Int Endod J.* 2006;39(8):595–609.
39. Sonal S, Sumit M, Vineet V, Kaur P. Electronic Apex Locators. *J Dent Sci Oral Rehabil.* 2013;1(2):31–4.
  40. Hoer D, Attin T. The accuracy of electronic working length determination. *Int Endod J.* 2004;37(2):125–31.
  41. Ibarrola JL, Chapman BL, Howard JH, Knowles KI, Ludlow MO. Effect of preflaring on Root ZX apex locators. *J Endod.* 1999;25(9):625–6.
  42. Elayi CS, Lusher S, Meeks Nyquist JL, Darrat Y, Morales GX, Miller CS. Interference between dental electrical devices and pacemakers or defibrillators. *J Am Dent Assoc. Elsevier Inc;* 2015;146(2):121–8.
  43. Idzahi K, De Cock CC, Shemesh H, Brand HS. Interference of electronic apex locators with implantable cardioverter defibrillators. *J Endod.;* 2014;40(2):277–80.
  44. Wilson BL, Broberg C, Baumgartner JC, Harris C, Kron J. Safety of Electronic Apex Locators and Pulp Testers in Patients With Implanted Cardiac Pacemakers or Cardioverter/Defibrillators. *J Endod.* 2006;32(9):847–52.
  45. Garofalo RR, Ede EN, Dorn SO, Kuttler S. Effect of electronic apex locators on cardiac pacemaker function. *J Endod.* 2002;28(12):831–3.
  46. Gomez G, Duran-Sindreu F, Jara Clemente F, Garofalo RR, Garcia M, Bueno R, et al. The effects of six electronic apex locators on pacemaker function: An in vitro study. *Int Endod J.* 2013;46(5):399–405.

47. Maheshwari KR, Nikdel K, Guillaume G, Letra AM, Silva RM, Dorn SO. Evaluating the Effects of Different Dental Devices on Implantable Cardioverter Defibrillators. *J Endod*; 2015;41(5):692–5.
48. Beach CW, Bramwell JD, Hutter JW. Use of an electronic apex locator on a cardiac pacemaker patient. *J Endod*. 1996;22(4):182–4.
49. Azabal M, Garcia-Otero D, de la Macorra JC. Accuracy of the Justy II Apex locator in determining working length in simulated horizontal and vertical fractures. *Int Endod J*. 2004;37(3):174–7.
50. ElAyouti A, Weiger R, Löst C. Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. *J Endod*. 2001;27(1):49–52.
51. Williams CB, Joyce AP, Roberts S. A Comparison between In Vivo Radiographic Working Length Determination and Measurement after Extraction. *J Endod*. 2006;32(7):624–7.
52. Woolhiser G A, Brand JW, Hoen MM, Geist JR, Pikula A A, Pink FE. Accuracy of film-based, digital, and enhanced digital images for endodontic length determination. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*; 2005;99(4):499–504.
53. Ravi V, Lipee P, Nakabushan Rao CV, Lakshmikanthan L. Direct digital radiography versus conventional radiography – assessment of visibility of file length placed in the root canal: An in vitro study. *J Pharm Bioallied Sci*. 2012;4(2):285–9.
54. de Vasconcelos BC, do Vale TM, de Menezes AST, Pinheiro-Junior EC, Vivacqua-Gomes N, Bernardes RA, et al. An ex vivo comparison of root

- canal length determination by three electronic apex locators at positions short of the apical foramen. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*; 2010;110(2):e57–61.
55. Stöber EK, Duran-Sindreu F, Mercadé M, Vera J, Bueno R, Roig M. An evaluation of root ZX and iPex apex locators: An in vivo study. *J Endod*. 2011;37(5):608–10.
  56. Ebrahim a K, Wadachi R, Suda H. Ex vivo evaluation of the ability of four different electronic apex locators to determine the working length in teeth with various foramen diameters. *Aust Dent J*. 2006;51(3):258–62.
  57. de Vasconcelos BC, Bueno M de M, Luna-Cruz SM, Duarte MAH, Fernandes CADO. Accuracy of five electronic foramen locators with different operating systems: an ex vivo study. *J Appl Oral Sci*. 2013;21(2):132–7.
  58. Özsezer E, İnan U, Aydın U. In Vivo Evaluation of ProPex Electronic Apex Locator. *J Endod*. 2007;33(8):974–7.
  59. Somma F, Castagnola R, Lajolo C, Paternò Holtzman L, Marigo L. In vivo accuracy of three electronic root canal length measurement devices: Dentaport ZX, Raypex 5 and ProPex II. *Int Endod J*. 2012;45(6):552–6.
  60. de Vasconcelos BC, Araújo RBR, e Silva FCFA, Luna-Cruz SM, Duarte MAH, Fernandes CADO. In vivo accuracy of two electronic foramen locators based on different operation systems. *Braz Dent J*. 2014;25(1):12–6.
  61. Plotino G, Grande NM, Brigante L, Lesti B, Somma F. Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and ProPex. *Int Endod J*. 2006; 39(5):408–14.

62. Bernardes RA, Duarte M a. H, Vasconcelos BC, Moraes IG, Bernardineli N, Garcia RB, et al. Evaluation of precision of length determination with 3 electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, and RomiAPEX D-30. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2007;104(4):e91–4.
63. Pascon EÁ, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani MA. An ex vivo comparison of working length determination by 3 electronic apex locators. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2009;108(3):e147–51.
64. Guise GM, Goodell GG, Imamura GM. In Vitro Comparison of Three Electronic Apex Locators. *J Endod*. 2010;36(2):279–81.
65. Ding J, Gutmann JL, Fan B, Lu Y, Chen H. Investigation of Apex Locators and Related Morphological Factors. *J Endod*. 2010;36(8):1399–403.
66. Pascon EA, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani MA. An in vivo comparison of working length determination of two frequency-based electronic apex locators. *Int Endod J*. 2009;42(11):1026–31.
67. Hör D, Krusy S, Attin T. Ex vivo comparison of two electronic apex locators with different scales and frequencies. *Int Endod J*. 2005;38(12):855–9.
68. ElAyouti A, Kimionis I, Chu AL, Löst C. Determining the apical terminus of root-end resected teeth using three modern apex locators: A comparative ex vivo study. *Int Endod J*. 2005;38(11):827–33.
69. Stavrianos C, Vasiliadis L, Kafas P. Clinical Evaluation of the Accuracy of an Electronic Tooth Apex Locator. *J Med Sci*. 2007;7(8):1369–71.

70. Swapna D, Krishna A, Patil A, Rashmi K, Pai V, Ranjini M. Comparison of third generation versus fourth generation electronic apex locators in detecting apical constriction: An in vivo study. *J Conserv Dent.* 2015;18(4):288
71. Kustarci A, Arslan D, Altunbas D. In vitro comparison of working length determination using three different electronic apex locators. *J Dent Res.* 2014;11(5):568–73.
72. Moscoso S, Pineda K, Basilio J, Alvarado C, Roig M, Duran-Sindreu F. Evaluation of Dentaport ZX and Raypex 6 electronic apex locators: An in vivo study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2014;19(2):202–5.
73. Aydin U, Karataslioglu E, Aksoy F, Yildirim C. In vitro evaluation of Root ZX and Raypex 6 in teeth with different apical diameters. *J Conserv Dent.* 2015. 18(1): 66–9.
74. Sadeghi S, Abolghasemi MA. Comparison between the raypex5 apex locator and conventional radiography for determining working length of straight and curved canals. *Int Endod J.* 2007;2(3):101–4.
75. Shahi S, Rahimi S, Milani AS, Jafarabadi MA, Naghsh GRD. Comparison between the accuracy of NovApex apex locator and radiographs in determining radiographic apex. *Iran Endod J.* 2011;6(2):65–8.
76. Chakravarthy KV. An In vitro Comparison of Propex II Apex Locator to Standard Radiographic Method. *Iran Endod J.* 2013;8(3):114–7.
77. Singh SV, Singh A, Yadav S, Nikhil V. An in vivo comparative evaluation to determine the accuracy of working length between radiographic and

- electronic apex locators. *Indian Journal of Dental Research*. 2012; 23(3): 359.
78. Krajczár K, Marada G, Gyulai G, Tóth V. Comparison of radiographic and electronic working length determination on palatal and mesio-buccal root canals of extracted upper molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008;106(2):e90–3.
  79. Khursheed I, Bansal R, Bansal T, Singh HP, Yadav M, Reddy KJ. A comparative evaluation of working length with digital radiography and third generation apex locator (ProPex) in the presence of various intracanal irrigants: An in vivo/ex vivo study. *Dent Res J*. 2013;11(1):56–60.
  80. Mancini M, Felici R, Conte G, Costantini M, Cianconi L. Accuracy of three electronic apex locators in anterior and posterior teeth: An ex vivo study. *J Endod*. 2011;37(5):684–7.
  81. Cianconi L, Angotti V, Felici R, Conte G, Mancini M. Accuracy of three electronic apex locators compared with digital radiography: An ex vivo study. *J Endod*. 2010;36(12):2003–7.
  82. Khandewal D, Ballal NV, Saraswathi MV. Comparative Evaluation of Accuracy of 2 Electronic Apex Locators with Conventional Radiography: An Ex vivo Study. *J Endod*. 2015;41(2):201–4.
  83. Vieyra JP, Acosta J. Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators. *Int Endod J*. 2011;44(6):510–8.
  84. Khateeb SU, Kaul R, Gupta AK, Bukhari SS, Sharma K. Comparative study for determination of Root Canal working length accuracy by different

- methods - An In Vivo/In Vitro Study. *Int J Clin Cases Investig.* 2013;4(4):39–50.
85. Oliver PR, Siliceo TG, Luna lara CA, Lamas CR. Exactitud de los localizadores apicales electrónicos frente al método radiográfico convencional en la obtención de la longitud de trabajo en dientes juvenes. *Oral.* 2009;10(31):505–10.
86. Vieyra JP, Acosta J, Mondaca JM. Comparison of working length determination with radiographs and two electronic apex locators. *Int Endod J.* 2009;43:16–20.
87. Tselnik M, Baumgartner JC, Marshall JG. An Evaluation of Root ZX and Elements Diagnostic Apex Locators. *J Endod.* 2005;31(7):507–9.
88. Goncalves Real D, Davidowicz H, Moura-Netto, CacioLondero Zenkner C de L, Londero Pagliarin CM, Barletta FB, Marahao de Moura AA. Accuracy of working length determination using 3 electronic apex locators and direct digital radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2011;111(3):44–9.
89. Kaufman AY, Kelia S, Yoshpe M. Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. *Int Endod J.* 2002;35:186–92.
90. Raghu K, Razvi S, Vinaychandra R, Daniel J, Kini A, Nandakishore K. In vivo evaluation of the accuracy of working length determination using an electronic apex locater IPEX (NSK) on vital uninfected teeth and teeth with radiographic evidence of periapical lesions. *J Int Soc Prev Community Dent.;* 2014;4(6):204.
91. Ravanshad S, Adl A, Anvar J. Effect of working length measurement by

electronic apex locator or radiography on the adequacy of final working length: A randomized clinical trial. *J Endod.* 2010;36(11):1753–6.

92. Jain A, Tyagi S, Singh D, Gupta S. Comparative evaluation of adequacy of final working length after using Raypex5 or radiography: An in vivo study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2015;33(3):208-10.

## **ANEXOS**

### **Anexo 1: Ejemplos de LAEs de Tercera y Cuarta Generación**

Ejemplos de LAEs de tercera generación son(24):

- Root ZX (J.Morita, Tokyo, Japón)
- Just o Justy II (Yoshida Co. Tokyo, Japón)
- Apex Finder (Endo Analyzer 8001; Analytic Technology, Redmond, WA, USA)

Ejemplos de LAEs de cuarta generación (24).

- Bingo 1020/Raypex4 (Foroum Engineering Technologies Rishon Lezion, Israel)
- Raypex 5 (VDW Munich, Alemania)
- Elements Diagnóstica Unit and Apex Locator (Sybron Endo, Anaheim, CA, USA)
- Propex/Propex II (Densply Maillefer, Ballaiques, Suiza)

## Anexo 2:

### Tabla 1. Grupo A: Técnicas Radiográficas en la Determinación de LT

#### Tabla 1: Parte 1.

TÍTULO	AUTORES	AÑO	PROPÓSITO	MUESTRA (N)	TIPO DE MUESTRA	CRITERIO	GOLD STANDARD
1 Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length	ElAyouti A. et al.	2001	Determinar con que frecuencia ocurre que una LT radiográfica aparentemente adecuada a 0-2mm corto del ápice radiográfico resulta en una instrumentación más allá del FA	196	91 dientes extraídos sin reabsorciones apicales visibles .	no especifica	Microscopio estereoscópico
2 A comparison between in vivo radiographic working length determination and measurement after extraction.	Williams C. B. et al.	2005	Evaluar la diferencia entre las LT establecidas por radiografías <i>in vivo</i> y la medición <i>in vitro</i> de la lima con respecto al FA una vez extraído el diente.	26	Pacientes con indicación de exodoncia	$\pm 0.25\text{mm}$	Microscopio videomicrometer
3 Measurement of the distance between the minor foramen and the anatomic apex by digital and conventional radiography	Melius B. et al	2002	Determinar la distancia entre el foramen menor y el ápice anatómico en radiografías digitales y convencionales	30	Dientes uniradiculares con ápices maduros	no especifica	Microscopio estereoscópico
4 Accuracy of film based, digital and enhanced digital images for endodontic length determination	Woolhiser G. A. et al.	2005	Comparar la precisión de radiografías intraorales D- y F-speed y radiografías digitales con y sin mejoras en la determinación de la longitud de una lima endodóntica, utilizando un modelo de simulación clínica	51	Premolares presentes en hemimaxilares seccionados de cadáveres.	$\pm 0.5\text{mm}$	Microscopio de disección
5 Direct digital radiography versus conventional radiography-assessment of visibility of file length placed in the root canal: An in vitro study	Ravi V. et al.	2012	Comparar radiografías convencionales y CMOS-DDR en visualizar la longitud de una lima endodóntica en el canal radicular. También se evaluó que herramientas del sistema digital ayudan a visualizar mejor la lima.	30	Incisivos maxilares recién extraídos con ápices maduros y permeabilidad apical.	no especifica	Microscopio quirúrgico

**Tabla 1: Parte 2**

TÍTULO	TÉCNICA Rx	RESULTADO PRINCIPAL	CONCLUSION	COMENTARIOS
1 Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length	Radiografía convencional	En dientes anteriores ninguna lima excedió el FA, en premolares un 51% sobre paso el FA y en molares un 22% sobrepasó el FA	Este estudio sugiere que una LT a 0-2mm del FA no garantiza que la instrumentación no sobrepase el FA en premolares y molares.	
2 A comparison between in vivo radiographic working length determination and measurement after extraction.	Radiografía convencional	Hubo diferencias significativas entre la medición radiográfica y la medición real	Cuando una lima se ve sobrepasada del FA en la radiografía, en la realidad está más sobrepasada de lo que se ve. Cuando una lima se ve "corta" del FA de la radiografía, está en realidad más cerca del FA de lo que se observa en ésta.	
3 Measurement of the distance between the minor foramen and the anatomic apex by digital and conventional radiography	Radiografía convencional (Ektaspeed Plus) y Radiografía digital (Schick CDR) CMOS)	Hubo diferencias significativas entre las mediciones realizadas por radiografías digitales y convencionales. En radiografías digitales, la longitud fue 0.1mm más largo que las convencionales	Las radiografías digitales dan mediciones más largas que las convencionales. Pero se cree que 0.1mm no tiene relevancia clínica.	Hay otros aspectos importantes como la baja en dosis de radiación gracias a las radiografías digitales, lo cual las hace superiores a la radiografía convencional. Al igual que la película F-speed es preferible a la D-speed por la misma razón, la baja en la dosis de radiación.
4 Accuracy of film based, digital and enhanced digital images for endodontic length determination	Radiografía convencional (Kodak Ultraspeed D-speed y F-speed) y Radiografía digital (Sensor Schick CDR y CDR +R (CMOS))	No hay diferencias significativas entre las técnicas radiográficas utilizadas para determinar la longitud de trabajo en este modelo experimental.	No hay diferencias en la precisión en todas las técnicas estudiadas.	
5 Direct digital radiography versus conventional radiography-assessment of visibility of file length placed in the root canal: An in vitro study	Radiografía convencional (Ekta speed plus Kodak) y Radiografía digital (DDR de Schick (CMOS))	No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.	Ambos sistemas son igualmente confiables. Las herramientas del sistema digital ayudan a visualizar la lima.	

(25,50–53)

### Anexo 3:

#### Tabla 2. Grupo B: LAEs de Cuarta Generación.

#### Tabla 2: Estudios 1- 10. Parte 1

TÍTULO	AUTORES	AÑO	PROPÓSITO	MUESTRA (N)	TIPO DE MUESTRA	CRITERIO
1 An ex vivo comparison of root canal length determination by three electronic apex locators at position short of the apical foramen	Vasconcelos B. C. et al.	2010	Evaluar la precisión en la determinación de LT en 3 LAEs : Root ZX, RomiApex D-30 y iPex a 0.0mm del FA y a 1mm corto del FA	38	Premolares mandibulares uniradulares de pacientes con indicación de exodoncia por razones ortodónticas o periodontales	0.0mm del FA y a 1mm corto del FA
2 An Evaluation of Root ZX and i Pex Apex Locators: An in vivo study	Stöber E. et al.	2011	Comparar la precisión de Root ZX y iPex en establecer la LT bajo condiciones clínicas.	37	Dientes con ápices completamente formados con indicación de exodoncia por razones ortodónticas o periodontales	± 0.5mm
3 Ex vivo evaluation of the ability of four different electronic apex locators to determine the working length in teeth with various foramen diameters	Ebrahim A.K., et al.	2006	Evaluar la precisión de 4 LAEs en la determinación de la LT en dientes con forámenes de diferentes diámetros.	36	Premolares mandibulares uniradulares	no específica
4 In Vivo Evaluation of Propex Electronic Apex Locator	Özsezer E. et al.	2007	Evaluar la precisión de Propex en presencia de distintos irrigantes.	27	Piezas con indicación de exodoncia por razones periodontales, protésicas u ortodónticas. Pacientes sanos, piezas sin restauraciones, ni fracturas, reabsorciones apicales o ápices abiertos	no específica
5 Accuracy of five electronic foramen locators with different operating systems: an ex vivo study	Vasconcelos B. C. et al.	2013	Evaluar el desempeño de Root ZX, Mini Apex Locator, Propex II, iPex y RomiApex A-15 en su precisión en tres puntos -1.0 , 0.0mm y 1.0mm del FA	42	Premolares mandibulares con raíces completamente formadas con indicación de exodoncia por motivos ortodónticos	± 1mm
6 In vivo accuracy of three electronic root canal length measurement devices: Dentaport ZX, Raypex 5 and Propex II	Somma F., et al.	2012	Comparar in vivo tres LAEs diferentes: Dentaport ZX, Raypex5 y Propex II	30	Piezas uniradulares con un canal con indicación de exodoncia por motivos periodontales	no específica
7 in vivo accuracy of two electronic foramen locators based on different operation systems	Vasconcelos B. C. et al.	2014	Evaluar in vivo la precisión de Propex II en comparación con Root ZX bajo condiciones clínicas en la determinación del FA.	24	Pacientes con indicación de extracción de premolares por motivos ortodónticos	± 0.5mm y 1mm
8 Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and Propex	Plotino G. et al.	2006	Comparar ex vivo la precisión de tres LAEs: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator y Propex	40	Piezas uniradulares permanentes sin caries, restauraciones, reabsorciones radicales, fracturas, ápices abiertos o canales obliterados	± 0.5mm
9 Evaluation of precision of length determination with 3 electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, and RomiAPEXD-30	Bernardes R.A., et al.	2007	Realizar un análisis comparativo de la precisión de 3 LAEs	40	Incisivos maxilares uniradulares	± 1mm
10 An ex vivo comparison of working length determination by 3 electronic apex locators	Pascon A. E. et al.	2009	Comparar la precisión de 3 LAEs distintos en establecer la LT en dientes recientemente extraídas	100	60 dientes multi o uniradulares con indicación de extracción por enfermedad periodontal o por motivos ortodónticos, con ápices maduros	± 0.5mm y 1mm

**Tabla 2: Estudios 1- 10. Parte 2**

TITULO	GOLD STANDARD	LAE ESTUDIADO	RESULTADO PRINCIPAL	CONCLUSION	COMENTARIOS
1 An ex vivo comparison of root canal length determination by three electronic apex locators at position short of the apical foramen	Microscopio Clínico	Root ZX, RomiApex D-30 y Ipex	A 0.0mm del FA no hubo diferencias estadísticamente significativas. A 1mm del FA si hubo diferencias estadísticamente significativas para Root ZX y los otros LAEs estudiados	Los tres LAE demostraron ser preciso a la altura del FA, pero a 1mm corto de este, Root ZX fue el único LAE preciso.	
2 An Evaluation of Root ZX and i Pex Apex Locators: An in vivo study	Microscopio óptico	Root ZX y iPex	No hubo diferencias significativas entre ambos LAEs en la determinación de la LT real	Bajo condiciones clínicas ambos LAEs se comportaron de manera similar.	
3 Ex vivo evaluation of the ability of four different electronic apex locators to determine the working length in teeth with various foramen diameters	Microscopio digital	Root ZX, Foramatron D10, Apex NRG y Apit 7.	El LAE, el tamaño de la lima y el diámetro del foramen influyen significativamente en los errores de medición. El LAE con mayor error fue Apit 7	La lima utilizada para determinar la LT debe estar ajustada al canal. Los 4 LAEs estudiados no fueron confiables al determinar la LT en canales con forámenes amplios. Root ZX y Foramatron D10 fueron los LAEs más aceptable en la determinación de LT en forámenes amplio, pero con limas ajustadas.	
4 In Vivo Evaluation of ProPex Electronic Apex Locator	Microscopio esteroscópico	ProPex	Las mediciones bajos los distintos irrigantes son muy cercanas a la longitud real del diente	La medición más cercana a la real fue en clorhexidina, mientras que la más distinta fue en solución salina	Se necesitan más estudio in vivo
5 Accuracy of five electronic foramen locators with different operating systems: an ex vivo study	Microscopio quirúrgico	Root ZX, Mini Apex Locator, Propex II, iPex y RomiApex A-15	A 0.0mm del FA los LAEs fueron todos muy precisos. Sin embargo, esta precisión bajo en la medida - 1.0mm, los que fue estadísticamente significativo en el caso de Propex II, iPex y RomiApex a-15	Todos los LAEs estudiados obtuvieron mediciones aceptables en 0.0mm del FA.	
6 In vivo accuracy of three electronic root canal length measurement devices: Dentaport ZX, Raypex 5 and Propex II	Micro fotografías de imágenes obtenidas por microscopía digital	Dentaport ZX, Raypex5 y Propex II	No hubo diferencias significativa entre los LAEs	No hubo diferencias significativas entre los tres LAEs en la detección del foramen mayor	
7 in vivo accuracy of two electronic foramen locators based on different operation systems	Microscopio quirúrgico	ProPex II y Root ZX	No hubo diferencia significativa entre ambos LAEs en la determinación del FA	No hay diferencias significativas en la precisión de ambos LAEs	Root ZX tuvo más porcentaje de errores , pero no fue estadísticamente significativo.
8 Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and Propex	Microscopio esteroscópico	Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator y Propex	Hubo diferencias significativas entre los tres LAEs al compararlos con la longitud real.	Los LAEs pueden determinar la longitud del canal radicular con precisión a $\pm 0.5$ mm de la construcción apical.	
9 Evaluation of precision of length determination with 3 electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, and RomiAPEXD-30	Microscopio óptico de luz	Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, y RomiAPEXD-30	La precisión fue 97.5% para Root ZX, 92.5% Romi APEX D-30, 95% Para Elements Diagnostic Unit	Los tres LAEs presentaron una buena precisión a menos 1mm del FA.	
10 An ex vivo comparison of working length determination by 3 electronic apex locators	Microscopio esteroscópico	Dentaport ZX, Raypex y Elements Diagnostic Unit and Apex Locator	Hubo diferencias significativas entre Elements Diagnost: Unit and Apex Locator y los otro dos LAEs estudiados	Ninguno de los LAEs fueron precisos en un 100%. Elements Dignostic Unit fue el menos preciso de los tres.	

(54,55,57,56,58–65)

**Tabla 2: Estudios 11-21. Parte 1**

TÍTULO	AUTORES	AÑO	PROPÓSITO	MUESTRA (N)	TIPO DE MUESTRA	CRITERIO
11 In vitro Comparison of three electronic apex locators	Guise G. et al.	2010	Comparar la precisión de Root ZX, Elements Diagnostics Unit y Precision Apex Locator	40	Piezas uniradicales sin fracturas y con ápices maduros	± 0.5mm
12 Investigation of Apex Locators and Related Morphological Factors	Ding J., et al.	2010	Investigar la capacidad de tres LAEs en determinar la CA y factores morfológicos que los influyen	356	Piezas dentarias permanentes uniradicales con indicación de extracción por motivos periodontales, protésicos u ortodónticos	no específica
13 In vivo comparison of the accuracy of two electronic apex locators	Silveira L. et al.	2011	Comparar la precisión de Root ZX y Novapex in vivo	23	Dientes uniradicales con indicación de exodoncia por motivos periodontales	± 0.5mm y 1mm
14 Determining the apical terminus of root-end resected teeth using three modern apex locators: a comparative ex vivo study	ElAyouti A. et al.	2005	Evaluar la precisión ex vivo de varios LAEs en ubicar el término apical.	182	90 dientes extraídos sin reabsorciones radicales, fracturas o restauraciones metálicas	± 1mm
15 Ex vivo comparison of two electronic apex locators with different scales and frecuencies	Hör D. et al.	2005	Comparar ex vivo la precisión de dos LAEs con diferentes frecuencias y escalas.	193	Dientes extraídos	no específica
16 Clinical Evaluation of the Accuracy of an Electronic Tooth Apex Locator	Stavrianos C. et al.	2007	Evaluar la precisión de Raypex 5 bajo condiciones clínicas	85	Piezas con indicación de exodoncia por razones periodontales, protésicas u ortodónticas. Sin lesiones periodontales y de morfología normal	± 0.5mm y 1mm
17 Evaluation of the Raypex 5 and the Mini Apex Locator: A n in vivo study	Stöber E. et al.	2011	Comparar la precisión de Raypex5 con la del MiniApex Locator en determinar la LT final, bajo condiciones in vivo	38	Premolares, caninos e incisivos de pacientes con indicación de exodoncia por motivos periodontales u ortodónticos, vitales, con ápices completamente formados	± 0.5mm
18 Evaluation of Dentaport ZX and Raypex 6 electronic apex locators: An in vivo study	Moscoso S. et al.	2014	Comparar la precisión en la detección del FA de Dentaport ZX (última versión de Root ZX) con Raypex6	34	Pacientes con indicación de exodoncia por motivos periodontales, protésicos u ortodónticos. Sin restauraciones metálicas, fracturas, reabsorciones radicales o ápices abiertos	± 0.5mm y 1mm
19 In vitro comparison of working length determination using three different electronic apex locators	Kustarci A. et al.	2014	Comparar DentaportZX, Raypex 5 y Endomaster en su capacidad de determinar la CA	30	Dientes uniradicales de canales rectos con indicación de exodoncia por motivos periodontales, protésicos u ortodónticos	± 0.5mm
20 In vitro evaluation of Root ZX and Raypex 6 in teeth with differnt apical diameters	Aydin U. et a.	2015	Evaluar el desempeño se Root ZX y Raypex 6 en dientes con ápices de distinto diámetro	80	Dientes uniradicales con ápices cerrado extraídos.	± 0.5mm y 1mm
21 Comparison of third generation versus fourth generation electronic apex locators in detecting apical constriction: An in vivo study	Swapna D.	2015	Evaluar in vivo la precisión en determinar el FA de Raypex 5 y compararlo con Root ZX	30	Pacientes con indicación de exodoncia por motivos protésico, periodontales u ortodónticos de piezas uniradicales permanentes	± 0.5mm

**Tabla 2: Estudios 11-21. Parte 2**

TITULO	GOLD STANDARD	LAE ESTUDIADO	RESULTADO PRINCIPAL	CONCLUSION	COMENTARIOS
11 In vitro Comparison of three electronic apex locators	Microscopio quirúrgico	Root ZX, Elements Diagnóstico Unit y Precisión Apex Locator	Hubo diferencias altamente significativas entre los LAEs.	Root ZX fue el LAE más preciso.	
12 Investigation of Apex Locators and Related Morphological Factors	Microscopio quirúrgico	Root ZX, Raypex 5 y Elements Diagnostic Unit	Hubo diferencias significativas entre Root ZX y Raypex5, Root ZX y Elements Diagnóstico Unit, pero no hubo diferencias entre Raypex 5 y Elements Diagnostic Unit. La lima estuvo más cerca del FA en el caso de Root ZX. Los factores anatómicos sí influyen en la precisión del LAE	Bajo condiciones ex vivo, si hubo diferencias entre los LAEs. La morfología de la CA influye en el desempeño de los LAE	
13 In vivo comparison of the accuracy of two electronic apex locators	Microscopio estereoscópico	Root ZX y Novapex	Root ZX presentó un 8.3% de imprecisión, mientras que Novapex un 18.2%	Ambos LAEs presentaron un alto nivel de precisión.	
14 Determining the apical terminus of root-end resected teeth using three modern apex locators: a comparative ex vivo study	Magnificación (no dice cual)	Root ZX, Raypex 4, Apex Pointer	No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tres LAEs.	Los tres LAEs pueden ser utilizados para la determinación de LT. Los tres LAEs presentaban una reproductibilidad aceptable. Root ZX fue el más preciso.	
15 Ex vivo comparison of two electronic apex locators with different scales and frecuencies	Microscopio óptico	Justy II y Raypex 4	No hubo mediciones que sobrepasaran el formamen apical. Ambos obtuvieron resultados distintos estadísticamente significativos en cuanto a la determinación de la CA.	El posible determinar el FA con éxito en modelos ex vivo, pero no la CA	
16 Clinical Evaluation of the Accuracy of an Electronic Tooth Apex Locator	Microscopio estereoscópico	Raypex 5	Hubo diferencia significativa entre la longitud real y la longitud electrónica	Raypex 5 es un método aceptable y objetivo, preciso en determinar la zona entre la CA y FA, aunque no son completamente precisos.	
17 Evaluation of the Raypex 5 and the Mini Apex Locator: A n in vivo study	Microscopio quirúrgico	Raypex 5 y Mini Apex Locator	No hubo diferencia significativa entre ambos LAE en la determinación de la LT	Bajo condiciones in vivo, los LAEs se comportaron de manera igual en la determinación de la LT	
18 Evaluation of Dentaport ZX and Raypex 6 electronic apex locators: An in vivo study	Microscopio óptico	Dentaport ZX y Raypex6	No hubo diferencias significativas entre ambos LAEs en determinar el FA	Bajo condiciones clínicas, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos LAEs	
19 In vitro comparison of working length determination using three different electronic apex locators	Microscopio estereoscópico	DentaportZX, Raypex 5 y Endomaster	No hubo diferencias significativas entre los tres LAEs estudiados	Los tres LAEs determinan de manera aceptable la CA	Se recomienda más estudios de Endo Master in vivo e in vitro
20 In vitro evaluation of Root ZX and Raypex 6 in teeth with different apical diameters	Microscopio estereoscópico	Root ZX y Raypex 6	Ambos LAEs obtuvieron resultados similares en los distintos grupos estudiados	Root ZX y Raypex 6 son altamente confiables en dientes con ápices maduros, sin embargo su precisión decae al aumentar el diámetro del FA.	Se necesitan más estudios in vivo para Raypex 6
21 Comparison of third generation versus fourth generation electronic apex locators in detecting apical constriction: An in vivo study	Microscopio quirúrgico	Raypex 5 y Root ZX	No hubo diferencias significativas entre ambos LAEs.	Raypex 5 es igual de eficiente que Root ZX.	

(18,67–69,71,70,72,73,93)

## Anexo 4:

### Tabla 3. Grupo C: LAEs de Cuarta Generación en comparación con Técnicas Radiográficas.

#### Tabla 3: Estudios 1-9. Parte 1

TÍTULO	AUTORES	AÑO	PROPÓSITO	MUESTRA (N)	TIPO DE MUESTRA	CRITERIO	GOLD STANDARD
1 Comparison Between the Accuracy of NovApex Apex Locator and Radiographs in Determining Radiographic Apex	Shahi S. et al.	2011	Evaluar la precisión de Nova Apex <i>in vivo</i> y compararlo con el método radiográfico tradicional.	25	Primeros y segundos molares inferiores. Diagnóstico pulpitis Irreversible	± 0.5mm	Microscopio Estereoscópico
2 Accuracy of a new apex locator: an <i>in vitro</i> study	Kaufman A. et al.	2002	Probar en un modelo <i>in vitro</i> la precisión del LAE Bingo 1020 y comparar los resultados con los obtenidos del LAE Root ZX y del método radiográfico.	120	Piezas dentarias uni o multi radiculares	no especifica	Microscopio (no especifica de que tipo)
3 An <i>in vitro</i> Comparison of Propex II Apex Locator to Standard Radiographic Method	Chakravarthy P.	2013	Comparar la precisión del método radiográfico con el LAE Propex II.	30	Piezas dentarias con permeabilidad apical, con ápice completamente formando, libres de caries, restauraciones, endodancias o reabsorciones radiculares.	± 0.5mm	Microscopio Estereoscópico
4 <i>In vivo</i> evaluation of the accuracy of working length determination using an electronic apex locator IPEX (NSK) on vital uninfected teeth and teeth with radiographic evidence of periapical lesions	Raghu K. N. et al.	2014	Confirmar la confiabilidad en IPEX y el método radiográfico de Ingle bajo diferentes situaciones clínicas.	36	20 pacientes con indicación de exodoncia en piezas dentarias uniradicales con pulpa normal. 16 pacientes con indicación de exodoncia de piezas uniradicales con lesiones periapicales de 5-10mm.	± 0.5mm	Microscopía Estereoscópico
5 Exactitud de los localizadores apicales electrónicos frente al método radiográfico convencional en la obtención de la longitud de trabajo en dientes (*en este estudio sólo se tomó en cuenta los resultados obtenidos en piezas con apices cerrados)	Oliver R. et al.	2009	Comparar la exactitud producida por los LAE Root ZX y Elements Diagnóstico Unit and Apex Locator, frente al método radiográfico en dientes premolares jóvenes con diferentes etapas de maduración apical. (sólo se consideró el grupo con maduración apical completa)	105 (95 dientes)	Pacientes entre 14-34 años con premolares superiores e inferiores sanos con indicación de extracción por razones ortodónticas.	± 0.5mm	Microscopía Estereoscópico
6 Comparison of working length determination with radiographs and two electronic apex locators	Vieyra J.	2009	Evaluar la precisión de los LAE Root ZX y Elements-Diagnóstico con la técnica radiográfica para ubicar el término del canal o foramen menor.	482 (160 dientes)	Piezas dentarias sin reabsorción apical y con forámenes completamente formados. Indicación de exodoncia por motivos protésicos o periodontales.	± 0.5mm	Microscopio OMPI Pico
7 Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators	Vieyra J.	2011	Evaluar la precisión para determinar la constricción apical de los LAE Root ZX, Elements Diagnostic, Precision AL y Raypex 5 y compararlos con la técnica radiográfica.	693 (245 dientes)	Dientes con formación apical completa, sin reabsorción apical, vitales, con indicación de exodoncia por motivos periodontales o protésicos.	± 0.5mm	Microscopio OMPI Pico
8 Comparative Evaluation of Accuracy of 2 Electronic Apex Locators with Conventional Radiography: An Ex Vivo Study.	Khandewal D. et al.	2015	Evaluar la precisión de Raypex 5 y Apex NRG XFR en determinar la longitud de trabajo y compararlo con la longitud radiográfica.	25	Pacientes con indicación de extracción por motivos ortodónticos o periodontales. Dientes uniradicales con ápice completamente formado, vitales, sin reabsorciones apicales o fracturas radiculares.	no especifica	Microscopio Estereoscópico
9 A comparison between the Raypex 5 apex locator and conventional radiography for determining working length of straight and curves canals.	Sadeghi S. et al.	2007	Comparar la precisión de Raypex5 con la determinación radiográfica de LT en la determinación de canales rectos y curvos.	40	20 dientes sin curvas y 20 con curvas. Molares mandibulares, con ápices completamente formados, sin reabsorción radicular o fracturas radiculares.	no especifica	Magnificación (no especifica de que tipo)

**Tabla 3: Estudios 1-9. Parte 2**

TÍTULO	LAE ESTUDIADO	TÉCNICA RADIOGRÁFICA	RESULTADO PRINCIPAL	CONCLUSIÓN	COMENTARIOS
1 Comparison Between the Accuracy of NovApex Apex Locator and Radiographs in Determining Radiographic Apex	Nova Apex	No especifica que tipo de Radiografía se utilizó	La precisión de Nova Apex es mayor al método radiográfico. Sin embargo, no es estadísticamente significativo.	En cuanto a precisión, ambos métodos son similares. Sin embargo, ninguno de los dos métodos son 100% confiables.	
2 Accuracy of a new apex locator: an <i>in vitro</i> study	Bingo 1020 y Root ZX	Radiología Convencional (Kodak Ektaspeed Safety)	Hubo una diferencia significativa entre ambos LAE y el método radiográfico, al comparar los tres a a longitud real del SCR	Los resultados de la conductometría realizados por los LAE fue más cerano a la longitud real del diente que las mediciones obtenidas mediante la técnica radiográfica.	
3 An <i>in vitro</i> Comparison of Propex II Apex Locator to Standard Radiographic Method	Propex II	Radiografía Convencional (Kodak E-speed. Técnica de Ingle)	Las medidas aceptables según el método radiográfico fueron un 76.6% y de un 86.6% con el Propex II	Bajo condiciones <i>in vitro</i> , Propex II fue más preciso que el método radiográfico en determinar la longitud de trabajo.	Se utilizó el método radiográfico de Ingle.
4 <i>In vivo</i> evaluation of the accuracy of working length determination using an electronic apex locator IPEX (NSK) on vital uninfected teeth and teeth with radiographic evidence of periapical lesions	IPEX	Técnica de Ingle (no especifica que tipo de radiografía)	Los resultados obtenidos en el estudio no presentaron diferencias estadísticamente significativas, siendo la técnica radiográfica levemente más precisa que el IPEX en los casos con lesiones apicales.	Ambos métodos tienen igual importancia al momento de realizar el tratamiento de endodancia.	Se utilizó el método radiográfico de Ingle. Recomiendan el uso de ambos métodos para determinar la longitud de trabajo.
5 Exactitud de los localizadores apicales electrónicos frente al método radiográfico convencional en la obtención de la longitud de trabajo en dientes (*en este estudio sólo se tomó en cuenta los resultados obtenidos en piezas con apices cerrados)	Root ZX y Elements Diagnostic Unit and Apex Locator	Radiografía Convencional	No se registraron diferencias estadísticamente significativas entre la exactitud de la longitud de trabajo obtenida por los diferentes métodos en ninguna de las categorías estudiadas.	Los LAEs de tercera y cuarta generación son igual de exactos que el método radiográfico en la obtención de la longitud de trabajo <i>in vivo</i> en dientes con desarrollo radicular completo o casi completo.	Se analizaron más aspectos, pero al no ser relevantes en este estudio no se mencionarán.
6 Comparison of working length determination with radiographs and two electronic apex locators	Root ZX y Elements Diagnostic Unit and Apex Locator	Técnica de paralelismo (no especifica que tipo de radiografía)	No hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos LAE, pero sí hubo entre los LAE y la técnica radiográfica, siendo más preciso el uso de LAE en determinar el foramen menor y fin del canal.	Bajo condiciones clínicas, los LAE ubicaron el foramen menor con mucha precisión. Los LAE son más precisos que la técnica radiográfica, por lo que su uso reduciría significativamente las sobreinstrumentaciones y sobreobturaciones	
7 Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators	Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, Precision AL y Raypex5	No especifica que tipo de Radiografía se utilizó	No hubo diferencias significativas entre los 4 LAEs.	Bajo Condiciones Clínicas, los LAE ubicaron la CA con más precisión que el método radiográfico. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los LAEs evaluados.	
8 Comparative Evaluation of Accuracy of 2 Electronic Apex Locators with Conventional Radiography: An Ex Vivo Study.	Raypex 5 y Apex NRG XFR	Radiografías Convencionales (Técnica de Ingle)	No hubo diferencia significativa entre Raypex 5 y Apex NRG XFR. No hubo diferencia significativa entre los LAE y la longitud radiográfica.	Bajo condiciones <i>ex vivo</i> , no hubo diferencia significativa entre la precisión de ambos LAEs y la técnica radiográfica en la determinación de LT.	El uso de LAE podría reducir el número de radiografías en la terapia endodóntica.
9 A comparison between the Raypex 5 apex locator and conventional radiography for determining working length of straight and curves canals.	Raypex 5	Radiografías Convencionales (Kodak E-speed)	No hubo diferencias significativas entre el LAE y la longitud real del diente en canales sin curvaturas, pero sí hubo diferencias significativas en canales curvos. Si hubo diferencias significativas entre la longitud radiográfica y la longitud real del diente para ambos casos.	Raypex 5 registró medidas más precisas en canales sin curvaturas.	

(74–76,82,85,86,83,89,94)

**Tabla 3: Estudios 10-17. Parte 1**

TÍTULO	AUTORES	AÑO	PROPÓSITO	MUESTRA (N)	TIPO DE MUESTRA	CRITERIO	GOLD STANDARD
10 An in vivo comparative evaluation to determine the accuracy of working length between radiographic and electronic apex locators	Singh V. et al.	2012	Evaluar la precisión de el LAE en determinar la LT y compararlo con el método radiográfico.	20	Pacientes entre 25-55 años con indicación de exodoncia por razones ortodónticas o periodontales. Sin reabsorción apical, sin calcificaciones en los canales, sin restauraciones metálicas y sin marcapasos.	no específica	Microscopio Quirúrgico
11 Comparison of radiographic and electronic working length determination on palatal and mesio-buccal root canals of extracted upper molars.	Krajczár K. et al.	2008	1. Determinar si existe una diferencia significativa entre la LT determinada por el LAE y el método radiográfico 2. Determinar el número de resultados radiográficamente correctos 3. Determinar si hay diferencia en precisión entre el LAE y la radiografía en el caso del canal mesio-bucal y el palatino	20	Primeros molares superiores con raíces intactas sin fracturas ni signos de reabsorción radicular.	± 0.5mm	Magnificación, no específica de que tipo
12 Accuracy of working length determination using 3 electronic apex locators and direct digital radiography	Goncalves Real D. et al.	2011	Evaluar la precisión en la determinación de la LT en dientes extraídos con 3 LAE y radiografías directas digitales, comparando estos resultados con un método visual con medidas controladas.	37	Dientes con la raíz completamente formadas, sin reabsorciones radiculares, sin calcificaciones, sin tratamientos endodónticos previos.	± 1mm	Microscopio (no específica de que tipo)
13 Accuracy of three Electronic Apex Locators Compared with Digital Radiography: An ex vivo study	Cianconi L.	2010	1. Comparar la precisión de Endex, RootZX y ProPex II en determinar el foramen apical ex vivo 2. Comparar la precisión de la radiografía digital con los LAE en la determinación de LT bajo microscopio óptico	101	Dientes con indicación de extracción por motivos periodontales, sin caries, restauraciones, tratamientos endodónticos previos, fracturas o reabsorciones	± 0.5mm	Microscopio (no específica de que tipo)
14 Comparative study for determination of Root Canal working length accuracy by different methods-an in vivo/in vitro study	Khateeb S.	2013	Determinar el mejor método entre Elements Diagnostic Unit, radiografías convencionales y compararla con la LT real del diente calculada mediante medidas anatómicas.	50	Dientes anteriores y premolares con indicación de exodoncia por motivos ortodónticos, piezas con una raíz, sin calcificaciones canalculares, ápice completamente formado, sin patologías periapicales, sin restauraciones metálicas y sin marca pasos.	± 0.5mm	Microscopio (no específica de que tipo)
15 Accuracy of three Electronic Apex Locators in Anterior and Posterior Teeth: An ex vivo study	Mancini M.	2011	Determinar en piezas anteriores y posteriores; 1. La precisión en determinar el foramen apical en 3 LAEs diferentes 2. La precisión de la radiografía digital en determinar la LT y compararlo bajo microscopio óptico	120 (80 dientes)	Piezas con indicación de exodoncia por motivos periodontales	no específica	Microscopio (no específica de que tipo)
16 A comparative evaluation of working length with digital radiography and third generation apex locator (ProPex) in the presence of various intracanal irrigants: An in vivo/ex vivo study	Khurshheed I. et al.	2014	Evaluar la eficiencia diagnóstica de Propex en presencia de tres irrigantes para la determinación de la longitud de trabajo en comparación con el método radiográfico directo.	40	Piezas con indicación de exodoncia por motivos protésicos o periodontales	no específica	Microscopio óptico de luz
17 An Evaluation of Root ZX and Elements Diagnostic Apex Locators	Tselnik M.	2005	Compara la precisión en la determinación de la CA de Root ZX y Elements Diagnostic Unit bajo condiciones clínicas	36	Pacientes adultos con indicación de extracción por motivos protésicos	± 0.5mm	Microscopio OMPI Pico

**Tabla 3: Estudios 10-17. Parte 2**

TITULO	LAE ESTUDIADO	TÉCNICA RADIOGRÁFICA	RESULTADO PRINCIPAL	CONCLUSIÓN	COMENTARIOS
10 An in vivo comparative evaluation to determine the accuracy of working length between radiographic and electronic apex locators	PropexII	Radiografía Convencional (Kodak E-speed)	El método menos preciso para obtener LT fue el radiográfico	El LAE es más preciso que el método radiográfico.	Es importante combinar ambos métodos para obtener las ventajas que nos ofrece cada uno y así lograr resultados más precisos.
11 Comparison of radiographic and electrical working length determination on palatal and mesio-buccal root canals of extracted upper molars.	Propex	Radiología Digital (Trophy Radiovisograph (CMOS). Paralelismo)	Hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos en relación a la LT en la raíz mesio-bucal, pero no en la palatina.	Los LAE son más precisos en ubicar la constricción apical que el método radiográfico.	
12 Accuracy of working length determination using 3 electronic apex locators and direct digital radiography	Justy II, Root ZX y Elements Diagnostic Unit	<u>Radiología digital (Schick (CMOS) - Paralelismo)</u>	Justy II y la Radiografía presentaron los porcentaje más altos de mediciones inadecuadas, con diferencias estadísticamente significativas en comparación con los otros LAEs	Los LAEs son más útiles en determinar la LT ideal. Root ZX y Elements Diagnostic Unit fueron más precisos en determinar la LT que la técnica radiográfica y Justy II	
13 Accuracy of three Electronic Apex Locators Compared with Digital Radiography: An ex vivo study	Endex, RootZX y ProPex II	Radiografía Digital (Sensor DSX (CMOS) angulación 0°)	Endex y ProPex II fueron más precisos que Root ZX en determinar la LT	Los LAE son más precisos que las radiografías digitales en detectar el foramen apical	Se recomienda para evitar una sobreobturbación, restar 1mm de la longitud cuando se marca APEX
14 Comparative study for determination of Root Canal working length accuracy by different methods-an in vivo/in vitro study	Elements Diagnostic Unit and Apex Locator	Radiografía Convencional (Técnica de Ingle con Paralelismo- Películas E-speed Kodak) y Radiografías Digitales (no especifica que tipo)	Las radiografías convencionales y digitales mostraban más desviación que el LAE de la LT. No hubo diferencia estadísticamente significativa entre ambas técnicas.	No hay diferencias estadísticamente significativas entre la LT real y la LT determinada por el LAE. Hubo diferencias significativas entre la LT real y la LT radiográfica realizada con ambas técnicas. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre las longitudes obtenidas por ambas técnicas.	Se utilizó la técnica radiográfica de Ingle
15 Accuracy of three Electronic Apex Locators in Anterior and Posterior Teeth: An ex vivo study	Root ZX, Endex, Propex II	Radiografía Digital (RVG (CMOS) angulación 0°)	Los LAEs son más precisos en premolares que piezas anteriores y posteriores. Todos los LAE tienden a dar mediciones más largas. Las mediciones radiográficas son las que más tienden hacia medidas más cortas.	La precisión del LAE depende del grupo dental, es más preciso en premolares. El método radiográfico no es confiable para determinar la LT.	
16 A comparative evaluation of working length with digital radiography and third generation apex locator (ProPex) in the presence of various intracanal irrigants: An in vivo/ex vivo study	Propex	Radiografía Digital (RVG (CMOS) Técnica de Paralelismo)	El porcentaje de éxito es estadísticamente mayor para los LAE que las técnicas radiográficas.	El desempeño de la radiología digital directa fue similar al de Propex en su capacidad de ubicar LT	
17 An Evaluation of Root ZX and Elements Diagnostic Apex Locators	Root ZX y Elements Diagnostic Unit and Apex Locator	Radiografía Convencional (no especifica que película)	No hubo diferencias significativas entre los LAEs. Hubo diferencias significativas en la longitud radiográfica.	No hubo diferencia significativa entre ambos LAEs. Los LAEs son más precisos que las radiografías en determinar la CA	

(77–79,81,80,84,87,88,92)

