

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SINALOA  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**



Evaluación *in vitro* de la precisión de cuatro localizadores apicales para determinar la longitud de trabajo

**No. De registro:  
2024-3**

**TESIS QUE PRESENTA:  
KENIA ISABEL HEREDIA BEDOLLA**

**PARA OBTENER EL GRADO  
DE ESPECIALISTA EN ENDODONCIA**

**DIRECTORES DE TESIS:  
DRA. ITZEL AMIRA CASTRO SÁNCHEZ  
DRA. ROSA ALICIA GARCIA JAU**

**01 DE MARZO 2024, CULIACÁN, SINALOA MÉXICO.**



## **UAS-Dirección General de Bibliotecas**

### **Repositorio Institucional Buelna**

#### **Restricciones de uso**

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución·No Comercial  
Compartir Igual, 4.0 Internacional



## **FINANCIAMIENTO**

Beca para estudios de posgrados CONAHCYT: 1143636

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo con con todo mi amor a mis padres, ustedes que siempre han sido mis pilares mas importantes en mi vida, mi apoyo incondicional porque sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme como persona.

A ti mamá Loreto Bedolla López, por enseñarme a tener determinación, creatividad y persistencia y volver posible lo que parece imposible, gracias por siempre estar y tener unas palabras de aliento en los momentos difíciles y enseñarme que soy capaz de lograr mis metas.

A ti papá Nicolás Heredia López, por confiar siempre en mí y apoyarme en mis decisiones, gracias por enseñarme a tener resiliencia, dedicación y valentía cuando las cosas se ponen difíciles, y saber que cuando realmente se quiere, todo se puede lograr a base de mucho esfuerzo.

A mis hermanas por inspirarme a lograr mis sueños, por siempre estar en todas la etapas importantes de mi vida y gracias por darme luz, amor y felicidad durante el proceso y para toda la vida con el regalo de ser tía.

Y a ti Dios, por permitirme llegar con vida y salud y brindarme las oportunidades para salir adelante.

Gracias por que sin ustedes este sueño no se habría cumplido. Los amo con todo mi corazón.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco en primer lugar a mis padres que me han permitido lograr una de mis metas y por siempre estar.

También agradezco a la Dra. Yolanda Castro Salazar y al Dr. Alfredo Ayala por darme la oportunidad y confianza, lo que me permitió formar parte de la 8va generación de la especialidad en endodoncia.

A mi directora de tesis Dra. Itzel Amira Castro Sánchez gracias por su esfuerzo, dedicación, orientación, paciencia, persistencia y su motivación han sido fundamentales para concluir con esta investigación, sin usted no hubiera llegado a la meta de mi camino.

Agradezco a todos mis profesores del posgrado en endodoncia las enseñanzas brindadas durante esta etapa en la que se encargaron transmitir su valioso conocimiento para formar especialistas de calidad.

A mi amiga Lizbet, gracias por tu cariño y apoyo en mis buenas y malas decisiones y siempre estar para escucharme.

Y por último pero no menos importantes la gran familia que me regalo esta etapa de mi vida: Crisbel, Rebeca, Kevin, Juan Carlos, Paola, Yosseline, Kathya y Alejandro mis compañeros de generación que ahora bien nos llamamos endohermanos, me siento afortunada de coincidir con ustedes, gracias por hacerme mas amena este proceso de 2 años y medio juntos y deseo que sigan cumpliendo todas su metas. Tienen un lugar especial en mi corazón.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ABREVIATURAS.....	X
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT .....	XII
1 INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 MARCO TEÓRICO .....	15
1.1.1 Órgano Dentario .....	15
1.1.2 Pulpa Dental .....	16
1.1.3 Conducto Radicular .....	16
1.1.4 Ápice Radicular.....	17
1.1.5 Foramen Ápical.....	19
1.1.6 Constricción Apical .....	20
1.1.7 TEJIDOS PERIAPICALES.....	20
1.1.8 DIAGNÓSTICO PULPAR .....	22
1.1.9 TRATAMIENTO ENDODÓNTICO .....	24
1.1.10 LOCALIZADORES APICALES ELÉCTRONICOS (LEA) .....	27
1.1.11 Root ZX .....	33
1.1.12 Apex ID.....	34
1.1.13 Epex Pro.....	34
1.1.14 Propex Pixi .....	34
1.2 ANTECEDENTES.....	35
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	37
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	38
1.5 HIPÓTESIS .....	39

1.6	OBJETIVOS .....	40
1.6.1	Objetivo general.....	40
1.6.2	Objetivo Especifico .....	40
2	<i>METODOLOGÍA</i> .....	41
2.1	Diseño experimental .....	41
2.2	Lugar y selección de muestra .....	41
2.3	Grupos de estudio.....	41
2.4	Criterios de inclusión.....	42
2.5	Criterios de exclusión.....	42
2.6	Criterios de eliminación.....	42
2.7	Procedimiento del estudio.....	42
2.8	Análisis Estadístico .....	51
3	<i>RESULTADOS</i> .....	52
4	<i>DISCUSIÓN</i> .....	56
5	<i>CONCLUSIÓN</i> .....	58
6	<i>PERSPECTIVAS</i> .....	59
7	<i>BIBLIOGRAFÍA</i> .....	60
8	<i>ANEXOS</i> .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama representativa de la clasificación de Vertucci.....	18
Figura 2. Ilustración anatómica microscópica. ....	21
Figura 3. Imagen representativa del funcionamiento del circuito electrónico de los LAE en el cuerpo humano.....	29
Figura 4. Selección de dientes humanos extraídos y toma de radiografía inicial ..	43
Figura 5. Procedimiento clínico de preparación de modelo. ....	45
Figura 6. Toma de lecturas correspondientes para cada grupo de dientes.....	47
Figura 7. Procedimiento clínico.....	48
Figura 8. Identificación de foramen apical.....	50
Figura 9. Medias de la precisión de cada localizador apical. ....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla ANOVA para comparar las medias de precisión.....	53
Tabla 2 Estadísticos de la longitud de trabajo radicular de cada localizador apical electrónico.....	54
Tabla 3 Medida de la punta de la lima al foramen apical del LAE Root ZX y Apex ID. ....	66
Tabla 4 Medida de la punta de la lima al foramen apical del LAE Epex Pro y Propex Pixi. ....	67
Tabla 5 Prueba de normalidad.....	68
Tabla 6 Análisis de varianza ANOVA.....	69
Tabla 7 Prueba Post-Hoc ANOVA .....	70
Tabla 8 Análisis de subconjuntos de Tukey .....	71

## **ABREVIATURAS**

LAE: Localizador apical electrónico

LT: Longitud de trabajo

CR: Conducto Radicular

SCR: Sistema de Conductos Radiculares

OD: Órgano Dental

CDC: Conducto cementario dentinario

CBCT: Tomografía computarizada de haz cónico (Cone beam computed tomography)

CA: Constricción apical

FA: Foramen apical

NaOCl: Hipoclorito de sodio

LP: Ligamento periodontal

KΩ: Kiloohmios

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN:** La limpieza precisa del sistema de conductos radiculares, así como la eliminación de tejido vital o necrótico y microorganismos colonizados, es el objetivo fundamental en el tratamiento endodóntico. Para lograr esto, es esencial determinar la longitud del conducto radicular y garantizar que los instrumentos, irrigantes y medicamentos se mantengan dentro del espacio del conducto durante el procedimiento, prevenir así una posible extrusión más allá del foramen apical y con ello evitar dolor posoperatorio y el fracaso del tratamiento endodóntico.

**OBJETIVO:** Comparar la precisión de tres localizadores apicales electrónicos Apex ID, Epex Pro, Propex Pixi con el grupo de control Root ZX en la determinación de la longitud de trabajo en dientes humanos extraídos. **MATERIALES Y MÉTODOS:**

Se seleccionaron 60 dientes humanos extraídos con conductos radiculares únicos (incisivos y premolares) que cumplieran con los criterios de inclusión establecidos en el estudio. Se realizó acceso coronario y acceso radicular con fresas gates glidden e irrigación con NaOCl al 5.25%. y previo al montaje de los dientes en el modelo de alginato, se colocó la lima K #10 o #15 en el conducto radicular y se tomó la longitud de trabajo utilizando tres localizados apicales (Apex ID, Epex Pro y Propex Pixi) y un grupo contro (Root Zx). **RESULTADOS:** El análisis de varianza (ANOVA) demostró que no existen diferencias significativas ( $p= 0.147$ ) en la precisión promedio del los localizadores apicales electrónicos comparados con el grupo control. **CONCLUSIONES:** En nuestro estudio *in vitro* no hubo diferencia en la precisión de los cuatro localizadores. Sin embargo, se encontro una mayor consistencia en la precision de Apex ID y el de menor consistencia fue Epex Pro.

**PALABRAS CLAVE:** Endodoncia, longitud de trabajo, localizador apical electrónico, precisión, conducto radicular.

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** The precise cleaning of the root canal system, as well as the elimination of vital or necrotic tissue and colonized microorganisms, is the fundamental objective in endodontic treatment. To achieve this, it is essential to determine the length of the root canal and ensure that instruments, irrigants and medications are kept within the canal space during the procedure, thus preventing possible extrusion beyond the apical foramen and thereby avoiding postoperative pain and failure of endodontic treatment. **OBJECTIVE:** To compare the accuracy of three electronic apex locators Apex ID, Epex Pro, Propex Pixi with the Root ZX control group in determining working length in extracted human teeth. **MATERIALS AND METHODS:** 60 extracted human teeth with single root canals (incisors and premolars) that met the inclusion criteria established in the study were selected. Coronary access and root access were performed with Gates Glidden drills and irrigation with 5.25% NaOCl. and prior to put the teeth on the alginate model, the #10 or #15 K file was placed in the root canal and the working length was taken using three apical locators (Apex ID, Epex Pro and Propex Pixi) and a control group (Root Zx). **RESULTS:** The analysis of variance (ANOVA) showed that there are no significant differences ( $p= 0.147$ ) in the average precision of the electronic apical locators compared to the control group. **CONCLUSIONS:** In our *in vitro* study there was no difference in the precision of the four locators. However, greater consistency was found in the accuracy of Apex ID and the least consistent was Epex Pro.

**KEYWORDS:** Endodontics, working length, electronic apical locator, precision, root canal.

## 1 INTRODUCCIÓN

El éxito del tratamiento endodóntico se basa en la limpieza precisa del sistema de conductos radiculares, la remoción de tejido vital o necrótico y microorganismo y sus subproductos (1)(2)(3). Para llevar a cabo un adecuado desbridamiento, es fundamental determinar con precisión la longitud de trabajo del conducto radicular (LT)(4). Y a su vez proteger que los instrumentos, irrigantes, materiales y medicamentos se mantengan en el interior del espacio radicular durante el tratamiento, de esta manera evitar cualquier posible extrusión más allá del foramen apical y al mismo tiempo no interferir en el proceso de cicatrización del tejido periapical o tener un impacto en el dolor postoperatorio (5)(3).

La longitud del conducto radicular se describe como la distancia desde el punto de acceso coronal hasta el extremo apical del conducto radicular, límite donde se debe finalizar la obturación (6). En base a un gran número de investigaciones se reporta que el límite del conducto radicular es el cemento dentinario o conducto cemento-dentinario (CDC), sitio en el que coincide con la unión entre la pulpa y tejido periodontal, donde el tejido pulpar se transforma en tejido periodontal apical (7)(8).

A lo largo de la historia se han establecido un gran número de métodos para localizar la LT, entre ellos, el conocimiento de la anatomía, sensación táctil, humedad con sangre en puntas de papel, radiografías, dispositivos electrónicos y tomografía computarizada (9)(10)(11). Actualmente, el empleo de dispositivos electrónicos para determinar la LT del conducto radicular es el más usado, recientes avances en los localizadores apicales electrónicos (LAE) han permitido una medición más precisa de la LT, lo cual ha contribuido a mejorar la eficacia y reducir el tiempo requerido durante los procedimientos endodónticos (1).

En 1918 fue investigado inicialmente el LAE por Custer, quien aseguraba que podría ser posible medir el sistema de conductos radiculares (SCR) utilizando corriente eléctrica, coincidiendo Suzuki en base a estudios realizados en 1942, identificó una resistencia eléctrica constante entre el periodonto y la membrana oral (5). Sunada en 1962 adaptó estos conceptos en el desarrollo del primer dispositivo que usaba corriente directa para medir la longitud de conducto radicular (6)(12).

Han surgido diversas generaciones de dispositivos electrónicos para obtener la LT de manera más precisa, conforme el tipo de corriente involucrada es la manera de operar de cada LAE. Los primeros LAE desarrollados, funcionaban según el principio de resistencia eléctrica sin embargo se continuó con el método de impedancia (segunda generación), posteriormente multifrecuencias (tercera generación) y actualmente se utilizan dispositivos de doble frecuencia (cuarta, quinta y sexta generación) (12)(3)(13)(14).

Diversos estudios *in vivo* y *ex vivo* se han desarrollado para determinar la precisión de la LT del conducto radicular con el empleo de una gran variedad de LAE, considerando el dispositivo con mejores resultados de precisión el LAE de cuarta generación Root Zx II (J Morita Corp., Tokio, Japón) también denominado como el estándar de oro de dispositivos electrónicos (15)(6)(16). No obstante, en el mercado existen varios LAE diseñados para medir la LT del conducto radicular, utilizando métodos con distintas características de medición conforme a la generación que pertenecen.

Es por eso que el propósito de este trabajo es comparar la precisión de tres localizadores apicales electrónicos Apex ID (SybronEndo, Orange, CA, USA), Epex Pro (Eighteenth Medical Technology Co., Changzhou, China), Propex Pixi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) con el grupo de control Root ZX II (J Morita Corp., Tokio, Japón) en la determinación de la longitud de trabajo en dientes humanos extraídos.

## **1.1 MARCO TEÓRICO**

### **1.1.1 Órgano Dentario**

En los seres humanos, la masticación es el objetivo más importante a la hora de combinar elementos dentales.

Los órganos dentales pueden clasificarse en diversos aspectos:

Dientes primarios, deciduos o temporales:

Suelen formarse previo al nacimiento, aproximadamente en la semana 14 de vida prenatal dado que no surja anomalías congénitas, patológicas dentales o traumatismos, los primeros dientes deciduos se manifiestan en la cavidad oral entre los seis y ocho meses después del nacimiento, y la dentición esta completa cerca de los tres años de edad (17). Presentándose veinte órganos dentales, diez por cada arcada dental.

Dientes permanentes:

Los órganos dentarios permanentes sustituyen a los temporales a partir de los seis años de vida y se concluyen aproximadamente, entre los 17 a 21 años de edad. Esta compuesto por treinta y dos dientes : 16 en el arco maxilar superior y 16 en el arco mandibular inferior (18). Estos dientes no son remplazados y su pérdida es determinante por consiguiente su gran relevancia de mantenerlos en la cavidad oral (19).

Morfológicamente el órgano dental esta constituido de una corona clínica y de una raíz. El punto de unión entre ambas partes es conocido cuello dentario. Se denomina corona clínica a la sección del diente que es visible en la cavidad bucal. Por otro lado, la raíz, es la porción del diente que se injerta en el hueso alveolar limitándose por el ligamento periodontal (tejido conectivo fibrilar). (19)

Aún cuando los órganos dentarios varían notablemente de forma y tamaño, su estructura histológica es especialmente similar.

### **1.1.2 Pulpa Dental**

La pulpa dental se caracteriza por ser un tejido conectivo altamente vascularizado e innervado, situado dentro de un espacio denominado cámara pulpar. Este espacio se encuentra ubicado en el centro del diente, justo debajo de la dentina, y es reconocido como parte integral del conjunto conocido como "complejo dentino-pulpar" (20)(21).

En este tejido, se pueden identificar diversos tipos de células que le confieren sus características particulares. Entre estas células se encuentran los fibroblastos, odontoblastos, histiocitos, macrófagos, mastocitos y células plasmáticas, entre otras (19). Asimismo, la pulpa dental contiene una matriz extracelular compuesta por fibras colágenas y sustancia fundamental. Debido a que la pulpa contribuye de manera uniforme a la formación de la dentina en todas las direcciones, se adapta eficazmente a la estructura del diente, reflejando así la forma externa del esmalte dental (20).

La cavidad pulpar se distribuye principalmente en dos secciones: la cámara pulpar, situada en la corona anatómica del diente (o que se extiende justo por debajo de ella), y el conducto (s) radicular, que se encuentran en la porción anatómica de la raíz del diente (22).

### **1.1.3 Conducto Radicular**

La pulpa dental es denominada como el sistema de conductos radiculares, para caracterizarla de un espacio circular o un simple tubo, conforme a su complejidad (23).

Se entiende como conducto radicular la conexión entre la cámara pulpar y el periodonto, ubicándose a lo largo de la región central de la raíz dental (24).

El conducto radicular inicia con un orificio en forma de embudo, generalmente ubicado en la línea cervical o en posición apical con respecto a ella. Su trayecto culmina en el agujero apical, también conocido como foramen apical, el cual se abre

en la superficie de la raíz, en el centro del ápice radicular o a una distancia menor de 3 mm de éste (23).

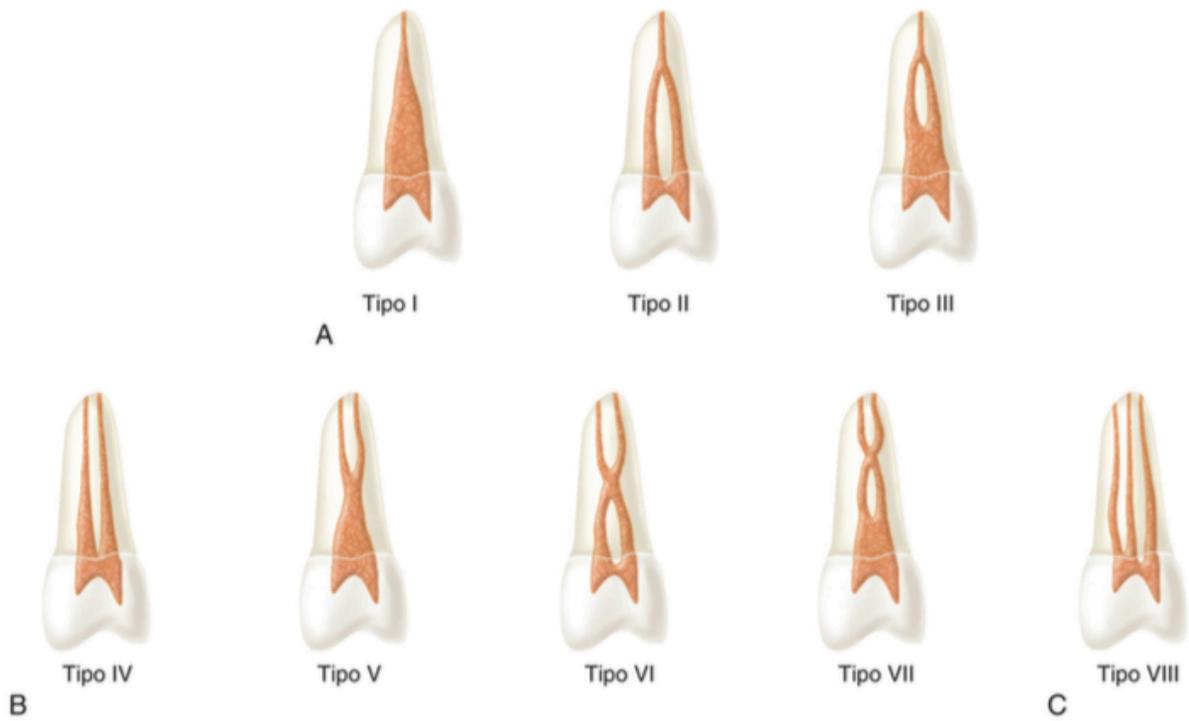
El sistema de conductos radiculares se divide en dos partes: la cámara pulpar, que se encuentra en la corona anatómica del diente, y el conducto (o conductos) pulpar o radicular, ubicado en la raíz anatómica. Entre otras características morfológicas se involucran: conductos accesorios laterales y de furca, cuernos pulpares, orificios de los conductos, deltas apicales y agujeros apicales (22).

La gran complejidad del sistema de conductos radiculares ha sido abordada por varios investigadores en términos de su clasificación. Un ejemplo es Weine quien estableció una clasificación simple pero fundamental de la morfología de los conductos radiculares (25).

Sin embargo, posteriormente, Vertucci realizó un estudio en el cual examinó secciones diafanizadas, de manera que propuso un sistema más complejo para la configuración del espacio pulpar, clasificándolo en ocho formas distintas (26).

#### **1.1.4 Ápice Radicular**

El concepto tradicional de la anatomía en la región radicular apical se fundamenta en tres puntos anatómicos e histológicos: constricción apical (CA), unión cemento-dentina (UCD) y agujero apical (AA) (27). Según Kuttler la descripción de la anatomía del ápice radicular involucra el conducto radicular, el cual se reduce en tamaño desde el orificio del conducto hasta llegar a la CA, normalmente ubicada a una distancia de 0,5-1,5 mm del AA (8).



**Figura 1. Diagrama representativa de la clasificación de Vertucci.** A. Un conducto radicular en base a las investigaciones de Vertucci. B. Dos conductos radiculares basados en el trabajo de Vertucci. C. Tres conductos radiculares basados en investigaciones de Vertucci, (22).

En 1912 mediante un estudio Fischer destruyó la creencia de que el conducto radicular finaliza en el ápice mediante un solo foramen, destacando en su lugar las ramificaciones apicales y sugiriendo que se presentan aproximadamente en el 90% de los casos (24).

La conformación anatómica del tercio apical radicular exhibe diversas variaciones, que incluyen la presencia de numerosos conductos accesorios, zonas de reabsorción y procesos de reparación de estas reabsorciones, cálculos pulpares adheridos, embebidos y libres, múltiples variables de dentina secundaria de forma irregular, y variantes diámetros en los conductos radiculares (27).

### **1.1.5 Foramen Ápical**

El foramen apical (FA) se define como la circunferencia o borde redondeado con forma de embudo o cráter que marca la separación entre la terminación del conducto y la superficie externa del diente (8).

El (FA) generalmente no se ubica directamente en el ápice anatómico, sino que suele encontrarse a una distancia que oscila entre 0,5 y 3 mm. Esta variación es más evidente en dientes más antiguos debido a la aposición del cemento. Estudios han revelado que el FA coincide con el vértice del ápice de la raíz en un rango que va del 17 al 46% de los casos (28)(29).

A medida que se completa la formación apical y se forma nuevo cemento, las aposiciones de calcio gradualmente envuelven los manojos de vasos y nervios, que se distribuyen en numerosas ramificaciones. Este proceso da lugar a la creación de un delta apical, que incluye conductos primarios y secundarios, así como sus respectivos forámenes y foraminas (24)(30).

Según Canalda et.al (2014) muy pocas veces el foramen se sitúa en el eje central de la raíz, ya que tiende a desplazarse hacia cualquiera de los lados que conforman el espacio radicular, siendo más común su ubicación en el lado distal (24).

La morfología apical también puede experimentar alteraciones debido a procesos patológicos, en particular, reabsorciones en las paredes internas del conducto en la región apical incluso un estudio realizado por Vier y Figueiredo reveló que el 74,7% de los dientes extraídos con lesiones periapicales mostraban reabsorciones en esta área (31).

### **1.1.6 Constricción Apical**

La constricción apical (CA) se define como el diámetro más corto del conducto radicular, donde tiene lugar la transición de la pulpa al tejido periodontal (32).

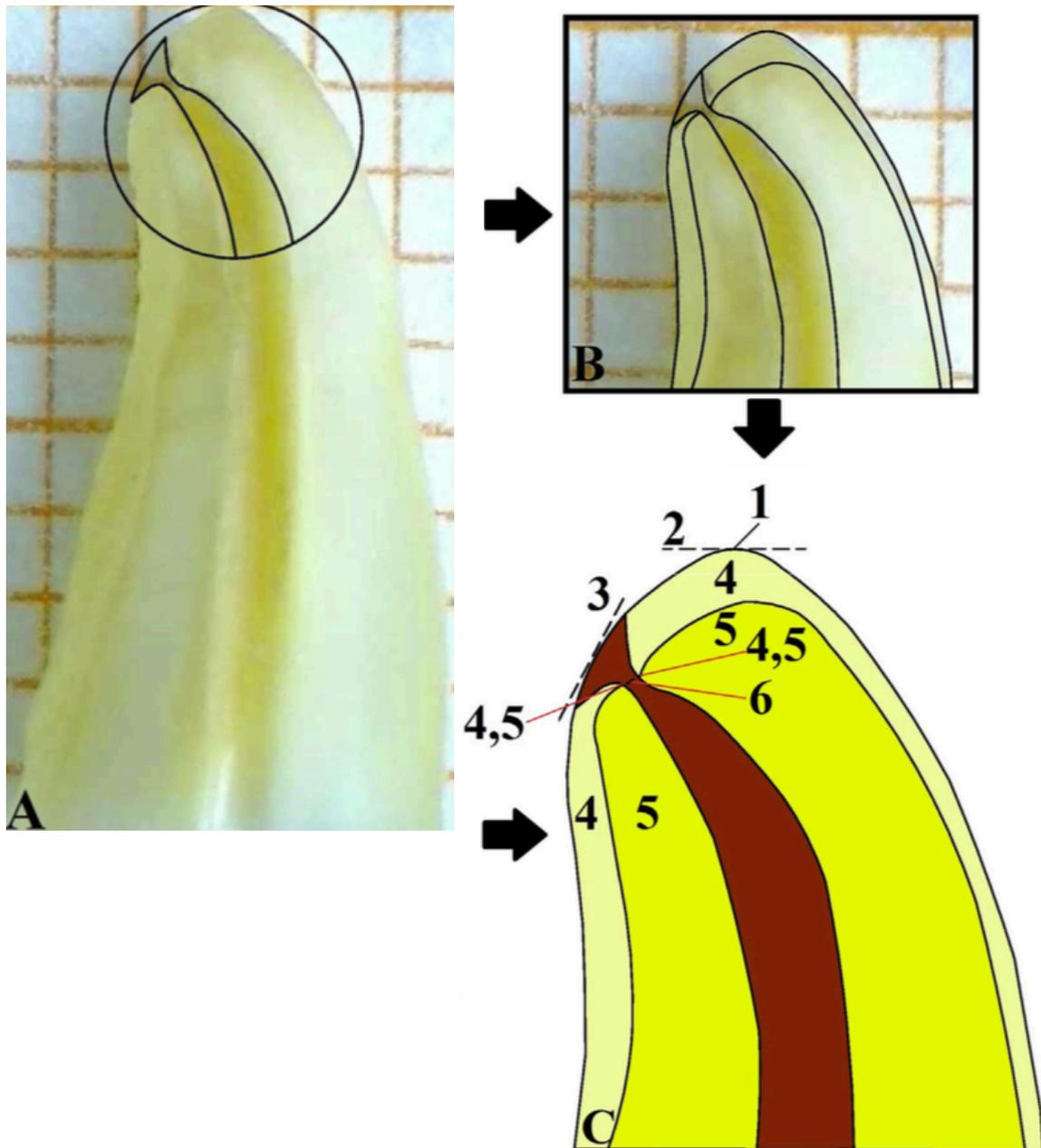
Este punto de referencia anatómico, situado a una distancia de 0,5 a 1,0 mm desde el agujero apical, se considera como la ubicación ideal para la instrumentación y representa el límite recomendado para la obturación en el tratamiento del conducto radicular (7).

Además la CA también sirve de punto de referencia comúnmente utilizado como término apical para llevar a cabo el ensanchamiento, conformación, limpieza, desinfección y obturación del conducto radicular. No se recomienda la intervención en esta área con instrumentos o materiales de obturación, ya que esto podría comprometer el éxito del tratamiento o resultar dolor postoperatorio a largo plazo (27)(33).

### **1.1.7 TEJIDOS PERIAPICALES**

#### **1.1.7.1 Cemento Radicular**

Es un tejido mineralizado que cubre la dentina en la raíz del diente y en ocasiones, pequeñas porciones de la corona dental. Es importante destacar que existen dos tipos principales de cemento en los dientes humanos, y estos difieren en su



**Figura 2. Ilustración anatómica microscópica.** Se muestra representación microscópica ( A y B) y esquemática (C) del extremo apical del conducto radicular. 1. Ápice anatómico (línea horizontal continua), 2. Ápice radiográfico (línea horizontal discontinúa), 4. Cemento, 5. Dentina, 4, 5 . Unión cemento-dentinario, 6. Constricción apical (3).

ubicación y función además posee características similares con el tejido óseo (34)(35).

Su principal función es proporcionar soporte y anclaje al diente, trabajando en conjunto con las fibras del ligamento periodontal y el hueso alveolar. Además, el cemento desempeña una función adaptativa, lo que significa que puede remodelar la superficie radicular en respuesta a los movimientos dentarios y compensar el desgaste de la corona (36).

#### **1.1.7.2 Ligamento Periodontal**

Se denomina ligamento periodontal (LP) al tejido conectivo altamente vascularizado y celular, que conecta el cemento radicular y rodea a las raíces de los dientes. Su función principal es el anclaje dental al hueso alveolar también el LP desempeña un papel vital en la regulación de la homeostasis, reparación y nutrición apropiada para el diente (34).

Este tejido se encuentra en el espacio entre las raíces dentales y la lámina dura o hueso alveolar fasciculado. Su espesor es de aproximadamente 0,25 mm, con un rango que varía entre 0,2 y 0,4 mm (37).

#### **1.1.8 DIAGNÓSTICO PULPAR**

El diagnóstico endodóntico se describe como el procedimiento para determinar el estado pulpar y periapical, por medio de la recopilación e interpretación de los signos y síntomas característicos de cada condición patológica (22)(38).

Durante el transcurso de la historia se ha estudiado una gran diversidad de sistemas de clasificación diagnóstica para determinar la enfermedad endodóntica.

##### **1.1.8.1 Pulpa normal**

La pulpa dental generalmente no manifiesta síntomas y suele responder de manera positiva a las pruebas pulpares. A pesar de que la pulpa puede no ser

histológicamente normal, una pulpa que se considera "clínicamente" normal exhibe una respuesta leve o transitoria ante la aplicación de pruebas de frío térmico, la cual no persiste más allá de uno o dos segundos después de retirar el estímulo (39).

#### **1.1.8.2 Pulpitis reversible**

Se basa en hallazgos subjetivos (como la sensibilidad térmica) y/u objetivos (por ejemplo, presencia de caries, fracturas, exposición de la superficie del diente/raíz, restauraciones profundas, diente agrietado). Estos criterios indican que la inflamación debería resolverse una vez que se elimina la agresión y la pulpa regresa a su estado normal (40).

#### **1.1.8.3 Pulpitis Irreversible sintomática**

Se fundamenta en hallazgos subjetivos y objetivos que indica que la pulpa inflamada y vital no tiene la capacidad de curarse por lo tanto es necesario el tratamiento de conductos. Estos casos se caracterizan por experimentar dolor intermitente o espontáneo, la exposición rápida de los dientes de este grupo a cambios bruscos de temperatura, especialmente a estímulos fríos, intensificará y prolongará los episodios de dolor, incluso después de eliminar el estímulo térmico (22).

#### **1.1.8.4 Pulpitis Irreversible asintomática**

El diagnóstico clínico se establece mediante hallazgos subjetivos y objetivos que sugieren que la pulpa vital inflamada no puede curarse y que se requiere un tratamiento de conducto. A pesar de la ausencia de síntomas clínicos, estos casos suelen responder adecuadamente a las pruebas térmicas, pero es posible que hayan experimentado un traumatismo o tengan caries profunda, lo que podría haber provocado una exposición pulpar (41).

#### **1.1.8.5 Necrosis pulpar**

En esta categoría del diagnóstico clínico se indica la muerte de la pulpa dental, lo que implica la necesidad de un tratamiento de conductos. La pulpa no muestra respuesta a las pruebas pulpares y no presenta síntomas. Propiamente la necrosis pulpar no provoca periodontitis apical (dolor al percusión o evidencia radiográfica de pérdida ósea) excepto que el conducto esté infectado. Algunos dientes no

responden a las pruebas pulpares dado a calcificación, eventos traumáticos recientes o simplemente porque el diente no responde (39).

#### **1.1.8.6 Tratado previamente**

Diagnóstico clínico que señala que el diente ha sido sometido previamente a tratamiento endodóntico y que los conductos radiculares han sido obturados con diversos materiales de obturación, excluyendo medicamentos intraconductos (41).

#### **1.1.8.7 Terapia previamente iniciada**

Es una clasificación que indica que el diente ha sido tratado previamente mediante un tratamiento de endodoncia parcial; como por ejemplo, preparación del acceso, pulpotomía, pulpectomía. Y se requiere de terapia endodóntica adicional (40).

### **1.1.9 TRATAMIENTO ENDODÓNTICO**

La limpieza precisa del sistema de conductos radiculares, así como la eliminación de tejido vital o necrótico y microorganismos colonizados, es el primer paso y un objetivo fundamental en el tratamiento endodóntico por lo que de igual modo contribuye a no interferir con el proceso de cicatrización del tejido periapical (1)(2). Para lograr esto, es esencial determinar la longitud del conducto radicular y garantizar que los instrumentos, irrigantes y medicamentos se mantengan dentro del espacio del conducto durante el procedimiento, evitando así una posible extrusión más allá del foramen apical (5).

Numerosos estudios han demostrado que los errores en la determinación de la longitud del conducto pueden influir no solo en los resultados del tratamiento endodóntico, así como también puede presentar un impacto en el dolor postoperatorio (5)(42).

El éxito del tratamiento endodóntico se basa en realizar tres criterios fundamentales: una cavidad de acceso adecuada, limpieza y modelado, y la obturación

tridimensional del SCR. A excepción de la cavidad de acceso, los demás requisitos solo pueden lograrse si la LT se determina con precisión (3)(4).

### **1.1.9.1 Determinación de longitud de trabajo**

La longitud del conducto radicular se define como la distancia entre el punto de acceso coronal y el extremo apical del conducto radicular en el que se debe finalizar la obturación (6).

Respetar la LT del conducto radicular durante el tratamiento ayudará a prevenir posibles accidentes durante el procedimiento clínico y contribuirá a una mejor recuperación postoperatoria.

Una gran cantidad de autores consideran que el límite del conducto radicular es el cemento dentinario o conducto cemento dentinario (CDC). En algunas situaciones, el CDC corresponde con la unión entre la pulpa y el tejido periodontal, en el que el tejido pulpar se convierte en tejido periodontal apical (7)(8).

Desde un enfoque teórico, el CDC se considera el límite apical indicado para realizar la terapia endodóntica dado que en este nivel, la interacción entre los tejidos periapicales y el material usado para la obturación del SCR seguramente sea mínima, lo que resultaría en una lesión más pequeña (43).

Histológicamente el CDC es un sitio que solo se puede observar en dientes extraídos posterior a su sección, durante la práctica clínica resulta difícil identificar su ubicación. Es por que, es crucial tener en cuenta que el CDC no es un sitio uniforme y constante, de modo que puede variar la extensión del cemento en el conducto radicular (44)(45).

Por lo tanto este punto histológico no se presenta como un sitio de referencia ideal para emplear en la práctica clínica como pauta valorativa de la preparación y obturación del conducto radicular esto se debe a que puede presentar una gran variedad morfológica ocasionando su difícil identificación (7).

### **1.1.9.2 Métodos para determinar la longitud de trabajo**

A lo largo de la historia la práctica clínica del tratamiento de conductos radiculares se han llevado a cabo numerosas investigaciones en base a la distancia entre el punto coronal y la extremidad apical de los CR, referencia importante durante la terapia pulpar. Se han dado a conocer una amplia variedad de técnicas que involucran tanto el conocimiento empírico e intuitivo para determinar la LT del conducto radicular sin embargo en la actualidad, es posible obtener esta información mediante un procedimiento certero y seguro, con el respaldo de la ciencia.

Los métodos establecidos inicialmente para determinar la LT incluían el conocimiento de la anatomía, sensación táctil desarrollada por el operador durante la terapia pulpar y otra alternativa consistía en la humedad con sangre en las puntas de papel después de haber sido introducidas a los conductos radiculares (9)(46).

Otra forma de obtener la LT es mediante el uso de radiografías periapicales, que ha sido la técnica más utilizada durante mucho tiempo. Además, estas radiografías son una parte esencial del diagnóstico, tratamiento y seguimiento de los procedimientos en endodoncia (6)(10)(11). Este método proporciona información sobre la anatomía del sistema de conductos radiculares y los tejidos circundantes; sin embargo, las radiografías están sujetas a limitaciones para la determinación de LT relacionadas con su naturaleza bidimensional. Esto puede resultar en un enfoque aumento de la imagen resultando la superposición de estructuras anatómicas, errores de distorsión, dificultades para identificar puntos de referencia e incorporándose la exposición de radiaciones ionizantes al paciente (6)(47)(10).

Incluso la radiografía es importante en el tratamiento de endodoncia para analizar la presencia o ausencia de lesiones periapicales relacionadas con el diente que requiere tratamiento, corroborar la anatomía del sistema de conductos radiculares y definir la longitud aproximada del diente. En ventaja sobre los localizadores apicales electrónicos (LAE) incluyen el bajo costo y su utilidad como documentación que puede ser referenciada en el futuro, si es necesario (48)(49).

El uso de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en odontología se inició en 1998 y ha demostrado un gran potencial para aplicaciones clínicas con una precisión superior a la de la radiografía periapical (50). Además, se ha comprobado que el CBCT facilita la planificación del tratamiento, diagnóstico, tratamiento y pronóstico de diversas patologías. Las imágenes obtenidas mediante CBCT pueden indicar ángulos del conducto radicular, altura de la curvatura y ubicación de la terminación radicular en casos de gran complejidad (51)(52).

En la actualidad, el uso de dispositivos electrónicos para determinar la LT del conducto radicular es una práctica común. Los avances recientes en los localizadores apicales electrónicos (LAE) han permitido una estimación más precisa de la LT, lo que ha contribuido a mejorar la eficiencia y el tiempo de trabajo durante los procedimientos endodónticos (1).

#### **1.1.10 LOCALIZADORES APICALES ELÉCTRONICOS (LEA)**

El LAE fue investigado inicialmente en 1918 por Custer, quien afirmaba la posibilidad de medir el sistema de conductos radiculares utilizando corriente eléctrica sin embargo las primeras investigaciones concretas comenzaron en 1942 con Suzuki, quien, a través de estos estudios, identificó una resistencia eléctrica constante entre el periodonto y la membrana oral (6)(12).

Posteriormente, Sunada en 1962 aplicó estos conceptos y desarrolló un dispositivo que empleaba corriente directa para calcular la longitud del conducto radicular, estableciendo esta medida como una constante de 6.0 kilohmios ( $k\Omega$ ) en cualquier zona del periodonto, independientemente de la edad, forma o tipo de diente (12).

A partir de estas investigaciones, surgieron diversos dispositivos electrónicos diseñados para medir la longitud del conducto radicular, utilizando métodos con diferentes características de medición, como el tipo de corriente (continua o alterna), el valor de voltaje y la frecuencia.

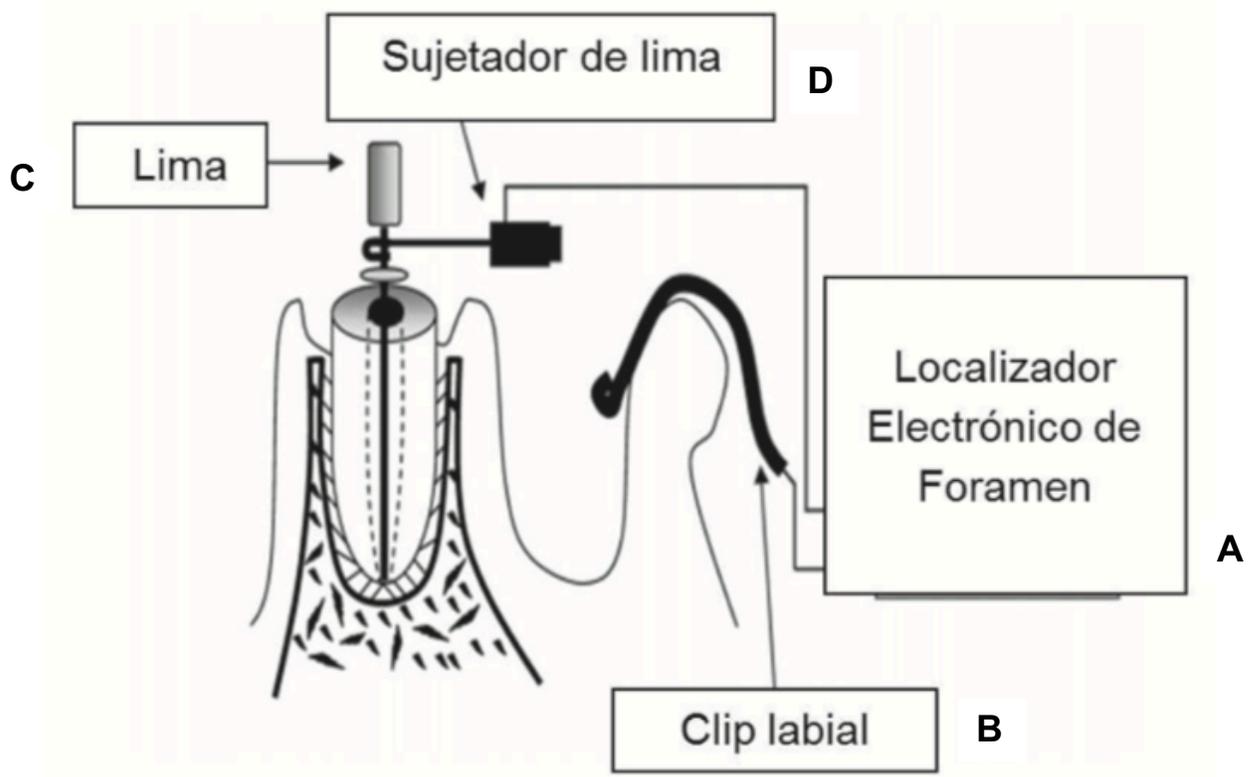
### **1.1.10.1 MECANISMO DE ACCIÓN**

El principio de funcionamiento de los LAE se basa en el uso del cuerpo humano para completar el circuito eléctrico. Un lado del circuito se conecta a la mucosa oral mediante un clip labial, mientras que el otro lado se conecta a la lima endodóntica. El circuito eléctrico se cierra cuando la lima se introduce en el conducto radicular y se presiona apicalmente hasta que la punta del instrumento toca el periodonto en el ápice a través del foramen apical (53)(54).

La carga eléctrica puede manifestarse como positiva o negativa en efecto el exceso de electrones en un material, resulta en una carga eléctrica neta negativa, mientras que una deficiencia de electrones produce una carga eléctrica neta positiva. Los materiales con cargas de polaridad opuesta se atraen entre sí, mientras que aquellos con cargas de polaridad similar se repelen (7).

Todas las cargas opuestas tienen un potencial de energía por causa de la distancia entre ellas. La variación en el potencial de energía es el voltaje, que es lo que proporciona la energía necesaria a los electrones o iones para que puedan desplazarse a través de un circuito (53).

Para calcular los efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano, es necesario determinar la cantidad de corriente eléctrica, la cual depende de la diferencia de potencial entre los puntos de contacto, la impedancia de conducción y la resistencia dentro del cuerpo (55).



**Figura 3. Imagen representativa del funcionamiento del circuito electrónico de los LAE.** A. Localizador apical electrónico, B. Clip labial, C. Lima endodóntica, D. Sujetador de lima (53).

Conforme el tipo de corriente involucrada es el funcionamiento del localizador electrónico apical:

- Localizador apical electrónico tipo resistencia

Estos localizadores de ápices tienen un valor de resistencia interna de 6,5 kilo ohmios y se sujetan al labio del paciente en un extremo, mientras que en el otro extremo se conecta la lima. El dispositivo funciona introduciendo la lima en el conducto radicular hasta que alcanza el foramen apical y tejido periodontal, lo que completa el circuito eléctrico (14).

Ventajas:

Fácil de usar, utiliza limas tipo k, lectura digital y localiza perforaciones (12).

Desventajas:

Necesita un ambiente seco, evitar la presencia de caries ni restauración defectuosa, requiere calibración, es esencial un clip labial con buen contacto, sensibilidad del paciente, contraindicado en pacientes con marcapasos (12).

- Localizadores apical electrónico tipo impedancia

Funciona en base al principio de impedancia eléctrica a través de las paredes del conducto radicular, que es mayor en la región apical que en la coronal debido a la presencia de dentina calcificada. Esto resulta en un aumento de la tensión eléctrica (impedancia) (14)(56).

Ventajas:

Opera en ambiente fluido, registro analógico, sin sensibilidad del paciente, identifica perforaciones (14).

Desventajas:

Requiere calibración, sondas aisladas, no posee lectura digital y resulta complicado de usar (12).

- Localizadores electrónicos de ápice tipo dependientes de frecuencias

Funcionan de manera muy similar al tipo de impedancia ya que mide la impedancia del diente a dos frecuencias distintas. En la porción coronal del conducto radicular,

la diferencia en la impedancia entre las frecuencias es constante. A medida que la lima se acerca hacia apical, la diferencia en la impedancia y su valor varían mucho con diferencias máximas en el área apical (12).

Ventajas:

Fácil de utilizar, funciona en un entorno fluido o cuando el conducto radicular ya esta preparado y tiene una salida eléctrica de bajo voltaje (14).

Desventajas:

Es necesario calibrar cada conducto según el nivel de líquido dentro del espacio, y requiere una batería completamente cargada (14).

Esto ha dado lugar a la creación de múltiples generaciones de dispositivos electrónicos, conocidos como localizadores electrónicos apicales, que comparten características similares.

#### **1.1.10.2 GENERACIONES DE LEA**

##### **1<sup>ra</sup> generación de localizadores electrónicos apicales**

Estos localizadores están basados en la resistencia, midiendo la oposición al flujo de corriente continua, que es la resistencia, y se basan en el principio de que la resistencia se ve afectada por el ligamento periodontal y la membrana de la mucosa oral. Sin embargo, estos localizadores necesitaban calibración del dispositivo y un espacio seco, ya que daban lecturas falsas en presencia de sangre, pus, agentes quelantes e irrigantes para un funcionamiento adecuado. Esta generación de localizadores presentaba deficiencias debido a la polarización causada por la corriente continua, que provocaba necrosis de las células del tejido periapical y dolor durante la medición (13)(3).

##### **2<sup>da</sup> generación de localizadores electrónicos apicales**

A finales de los años 70, estudios presentaron los LAE basados en impedancia, los cuales medían la oposición al flujo de corriente alterna o impedancia. Esta

generación incluía los tipos de impedancia de frecuencia única, que empleaban mediciones de impedancia en lugar de resistencia para determinar la ubicación dentro del conducto radicular mediante sus paredes, debido a la presencia de dentina calcificada. Aunque requerían una calibración constante del dispositivo, emitían cálculos complicados y eran difíciles de manejar. Su principal inconveniente era que proporcionaban lecturas incorrectas en conductos húmedos, secos o con material electroconductor (14)(13)(3).

### 3<sup>ra</sup> generación de localizadores electrónicos apicales

En los años 90, surgió la tercera generación de LAE, que utilizaban múltiples frecuencias para medir la impedancia eléctrica y determinar la distancia al foramen apical. Estos dispositivos eran similares a los de la segunda generación, con la diferencia de que empleaban varias frecuencias para calcular la LT. Estas unidades contaban con microprocesadores más avanzados que permitían procesar los cálculos matemáticos necesarios para obtener lecturas eficaces. Un problema principal de los localizadores apicales de generaciones anteriores era la tendencia a proporcionar lecturas incorrectas en presencia de electrolitos, pero esto fue superado en 1991 por Kobayashi et al. con la introducción del método del radio y el posterior desarrollo del Root ZX, un localizador de auto-calibración (J. Morita, Tokio, Japón) (12)(14).

### 4<sup>ta</sup> generación de localizadores electrónicos apicales

Estos localizadores de ápice son del tipo de relación que miden la impedancia en cinco frecuencias y cuentan con un probador de pulpa electrónico integrado. A diferencia de otros dispositivos, estos no procesan la información de impedancia mediante un algoritmo matemático, sino que comparan las mediciones de resistencia y capacitancia con una base de datos para calcular la distancia al ápice del conducto radicular. Este tipo de localizadores puede funcionar de manera eficiente en conductos que están relativamente secos (3).

## 5<sup>ta</sup> generación de localizadores electrónicos apicales

Estos dispositivos operan utilizando el método de relación de frecuencia dual, que es un enfoque de medición innovador que compara los datos recopilados de las características eléctricas del conducto y luego realiza un procesamiento matemático adicional. Esta generación de localizadores de ápices se introdujo en 2003, como la serie E-magic Finder, que mide tanto la capacitancia como la resistencia del circuito por separado. Estudios han demostrado que estos dispositivos tienen una precisión satisfactoria en diferentes condiciones (seco, húmedo, sangrado, solución salina, EDTA, NaOCl). Sin embargo, esta generación de dispositivos que emplean este método puede experimentar dificultades significativas cuando se utilizan en conductos que están en estado seco (12)(14).

## 6<sup>ta</sup> generación de localizadores apicales electrónicos

Los dispositivos de esta generación también son llamados LAE adaptativos, dispositivos que sobrepasan las limitaciones de los localizadores de ápices de la cuarta generación más comúnmente utilizados. Una de las ventajas relevantes de los LAE adaptables es que descarta la necesidad de secar o humedecer el conducto radicular. Estos dispositivos pueden detectar y ajustarse automáticamente a la humedad del conducto, adaptándose de inmediato a condiciones secas, húmedas, con sangre o exudados (12)(3)(57).

### **1.1.11 Root ZX**

El Root ZX II (J Morita Corp., Tokio, Japón), considerado de tercera generación fue desarrollado en 1992, representó el primer localizador de ápices capaz de operar en conductos radiculares húmedos. Este dispositivo mide simultáneamente los valores de impedancia en dos frecuencias diferentes (0,4 y 8,0 kHz) y calcula el cociente con una precisión del 96,2%, además de contar con calibración automática (33)(58)(59). Root ZX ha sido ampliamente probado en la literatura endodóntica y se considera el estándar de oro con el que se comparan los LAE más nuevos (15).

### **1.1.12 Apex ID**

El Apex ID (SybronEndo, Orange, CA, USA), de cuarta generación, opera de manera similar al Root ZX, según lo indicado por el fabricante, empleando dos frecuencias. Realiza mediciones separadas de resistencia y capacitancia, lo que se traduce en una mayor precisión y menor margen de error. Estudios *in vitro* han reportado una precisión del 93,0 % en el nivel apical para el Apex ID. (60)(61).

### **1.1.13 Epex Pro**

El Epex Pro (Eighteeth Medical Technology Co., Ltd., Changzhou, China), de cuarta generación, se basa en tecnología de múltiples frecuencias y mide la impedancia, con una calibración automática según lo indicado por el fabricante. (62)(63).

### **1.1.14 Propex Pixi**

Propex Pixi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), es un localizador apical electrónico quinta generación, este dispositivo emplea múltiples frecuencias y opera calculando los valores cuadráticos medios de las señales eléctricas para ofrecer lecturas precisas. (61)(64)

## 1.2 ANTECEDENTES

Ponce y Fernandez, *et. al.*, en 2003 (44) demostraron que el cemento-dentinario (CDC) no es un punto de referencia clínicamente ideal para guiar la preparación y obturación del conducto radicular. Por lo que de una perspectiva teórica, el límite CDC se considera el punto óptimo para el tratamiento del conducto radicular, ya que en esta ubicación se espera una mínima interacción entre los tejidos perirradiculares y el material de obturación, lo que resultaría en una lesión más pequeña. Sin embargo, se ha demostrado que el CDC es un sitio histológico que solo puede identificarse en dientes extraídos y no es una característica constante.

En 2023, Osei-Bonsu, *et. al.*, (65) realizaron un estudio comparativo evaluando tres métodos diferentes para determinar la LT *in vivo*: sensación táctil, radiografía digital y localizador apical electrónico, estos métodos se compararon con un estándar de referencia establecido *in vitro*. En el que obtuvieron como resultado que el LAE demostró ser notablemente más preciso y confiable en la determinación de la longitud de trabajo, en comparación con la radiografía digital y los métodos de sensación táctil.

Bassem y Ahmed, *et. al.*, (2023) (58) llevaron a cabo un estudio donde evaluaron la precisión de la medición de la longitud de trabajo en dientes humanos extraídos utilizando diferentes localizadores apicales electrónicos (LAE). Sus hallazgos indicaron que el LAE Root ZX II demostró una precisión del 98.33% en sus mediciones.

Serna-Peña, *et. al.*, en 2020 (60) realizaron una investigación *in vivo* en el que evaluaron la precisión de tres LAE, Root Zx mini, Apex ID y Propex Pixi para determinar la longitud de trabajo radicular, como resultado se reportó que no se encontró diferencias significativas entre los grupos experimentales.

Avci y Kaya *et. al.*, en 2021, realizaron un estudio en el cual compararon la precisión de cuatro localizadores apicales electrónicos ( Morita Root Zx mini, Raypex 6, Propex Pixi y E-pex pro) con el uso de dos irrigantes (NaOCl y EDTA). Por lo que los resultados del estudio concluyeron no haber encontrado una diferencia

estadísticamente significativas entre las soluciones en términos de valores de medición y valores de longitud real en cada dispositivo además no hubo diferencias entre los dispositivos en términos de medición y valores de longitud real en cada solución (66).

En base a los hallazgos obtenidos en la investigación de Bernardo et. al., en 2021, concluyeron que los cuatro localizadores apicales electrónicos utilizados en su estudio, es decir, I-Root, Propex Pixi, Novapex y Bassi IRoot Apex, fueron precisos para determinar la longitud de trabajo radicular (48).

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

En un procedimiento endodóntico es fundamental obtener una longitud de trabajo adecuada, debido a que esta directamente relacionado con el límite de eliminación de tejido orgánico, microorganismo y sus subproductos, de igual manera que la terminación de la obturación de los conductos radiculares y la cicatrización postratamiento a la terapia endodóntica y así contribuir en el éxito del tratamiento.

No obstante, en ciertas circunstancias obtener una correcta longitud de trabajo puede presentar dificultades para el clínico por diversas variables, implicando una mala instrumentación y de esta manera obstruyendo el flujo del irrigante en el conducto radicular por consecuente obteniendo una permanencia de bacterias en la zona apical o bien una inoculación hacia los tejidos periapicales, resultando el fracaso del tratamiento endodóntico.

En la actualidad el uso de aparatos electrónicos es una herramienta que favorece la determinación más precisa de la longitud de trabajo de los conductos radiculares, por lo tanto, el presente trabajo de investigación pretende relacionar la precisión de cuatro localizadores apicales con dientes humanos extraídos.

#### **1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Una de las dificultades que surgen durante el tratamiento endodóntico es lograr una adecuada determinación de la longitud de trabajo (LT), ya que generalmente se ha dependido en gran medida de radiografías que presentan ciertas limitaciones. Por otro lado, los localizadores apicales electrónicos (LAE) han surgido como una herramienta útil para esta tarea, aunque su precisión puede variar en la detección del foramen apical (FA) y en la obtención precisa de la LT del sistema de conductos radiculares.

En la actualidad existen diversas generaciones de dispositivos electrónicos y gran variedad marcas comerciales con características únicas para la toma de longitud de trabajo de cualquier caso clínico que se presente. No obstante, investigaciones han evidenciado resultados sobresalientes en cuanto a la precisión de las longitudes radiculares obtenidas con el localizador apical Root ZX II, el cual ha sido reconocido como el estándar de oro en este aspecto. Por consiguiente, este estudio se llevó a cabo con el objetivo de evaluar la precisión de los siguientes localizadores apicales electrónicos (Apex ID, Epex Pro, Propex Pixi) en comparación con el Root ZX, utilizando dientes humanos extraídos. Como resultado, se formuló la siguiente pregunta de investigación:

¿Cual localizador apical electrónico (Apex ID, Epex Pro. Propex Pixi) en comparación al Root Zx es más precisa en la determinación de la longitud de trabajo del conducto radicular en dientes extraídos ?

## **1.5 HIPÓTESIS**

La precisión del localizador apical electrónico Root Zx será superior en la determinación de la longitud de trabajo del conducto radicular en contraste con el Apex ID, Epex Pro y Propex Pixi.

## **1.6 OBJETIVOS**

### **1.6.1 Objetivo general**

- Comparar la precisión de tres localizadores apicales electrónicos Apex ID, Epex Pro, Propex Pixi con el grupo de control Root ZX en la determinación de la longitud de trabajo en dientes humanos extraídos.

### **1.6.2 Objetivo Especifico**

- • Evaluar la precisión del localizador apical electrónico Apex ID en comparación con el grupo control Root Zx en la determinación de la longitud de trabajo en dientes humanos extraídos.
- • Analizar la precisión del localizador apical electrónico Epex Pro en comparación con el grupo control en la determinación de la longitud de trabajo en dientes humanos extraídos.
- • Valorar la precisión del localizador apical electrónico Propex Pixi en comparación con el grupo control en la determinación de la longitud de trabajo en dientes humanos extraídos.

## **2 METODOLOGÍA**

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Autónoma de Sinaloa de la Facultad de Odontología de Posgrado de Endodoncia, Culiacán, Sinaloa.

### **2.1 Diseño experimental**

Prospectivo, transversal, observacional y comparativo.

### **2.2 Lugar y selección de muestra**

Se recolectaron un total de 60 dientes extraídos ya fuese de instituciones de salud pública o de consultorios privados de la ciudad de Culiacán, Sinaloa.

Los dientes fueron seleccionados según los criterios de inclusión y se conservaron en solución salina hasta el inicio del estudio. Luego, se sumergieron en un recipiente con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5.25% durante 5 minutos, se enjuagaron con agua purificada y se volvieron a colocar en el recipiente con solución salina.

### **2.3 Grupos de estudio**

Se seleccionaron un total 60 dientes extraídos uniradiculares con conducto único se asignaron a cada uno de los cuatro grupos de estudio mediante una tabla de números aleatorios de la siguiente manera:

Grupo 1. 15 Dientes– Apex ID

Grupo 2. 15 Dientes– Epex pro

Grupo 3. 15 Dientes– Propex Pixi

Grupo 4. 15 Dientes– Root ZX

## **2.4 Criterios de inclusión**

Dientes humanos con rizogénesis completa, uniradiculares y conducto único, OD con presencia mínima de mínima de 1/3 de corona con punto de referencia.

## **2.5 Criterios de exclusión**

Órganos dentales con presencia de conductos calcificados, órganos dentales con fracturas o perforaciones radiculares, dientes con formación radicular incompleta, presencia de reabsorción radicular y dientes con tratamiento de endodoncia.

## **2.6 Criterios de eliminación**

Dientes en los que las limas se fracturaron durante la medición.

## **2.7 Procedimiento del estudio**

Se seleccionaron 60 dientes humanos extraídos con conductos radiculares únicos (incisivos y premolares) que cumplían con los criterios de inclusión establecidos en el estudio. Estos dientes fueron lavados con NaOCl al 5.25% durante 1 minuto para su desinfección y luego se sumergieron en solución salina. Posteriormente, se les tomó radiografías digitales iniciales en sentido vestibulo-lingual y mesio distal utilizando el equipo NanoPix 2 Eighteen y se asignaron a uno de los cuatro grupos de estudio mediante una tabla de números aleatorios. Observar figura 4.

Se prepararon las cavidades de acceso realizando una abertura coronaria con pieza de alta velocidad (Pana-Max PLUS, NSK-Japón) utilizando fresa de carburo de bola número 2 o 4 y Endo Z (Jet SDS Kerr – México, DF.) según el diente a tratar. Los conductos se identificaron con un explorador DG 16 (Hu -Friedy – EUA).



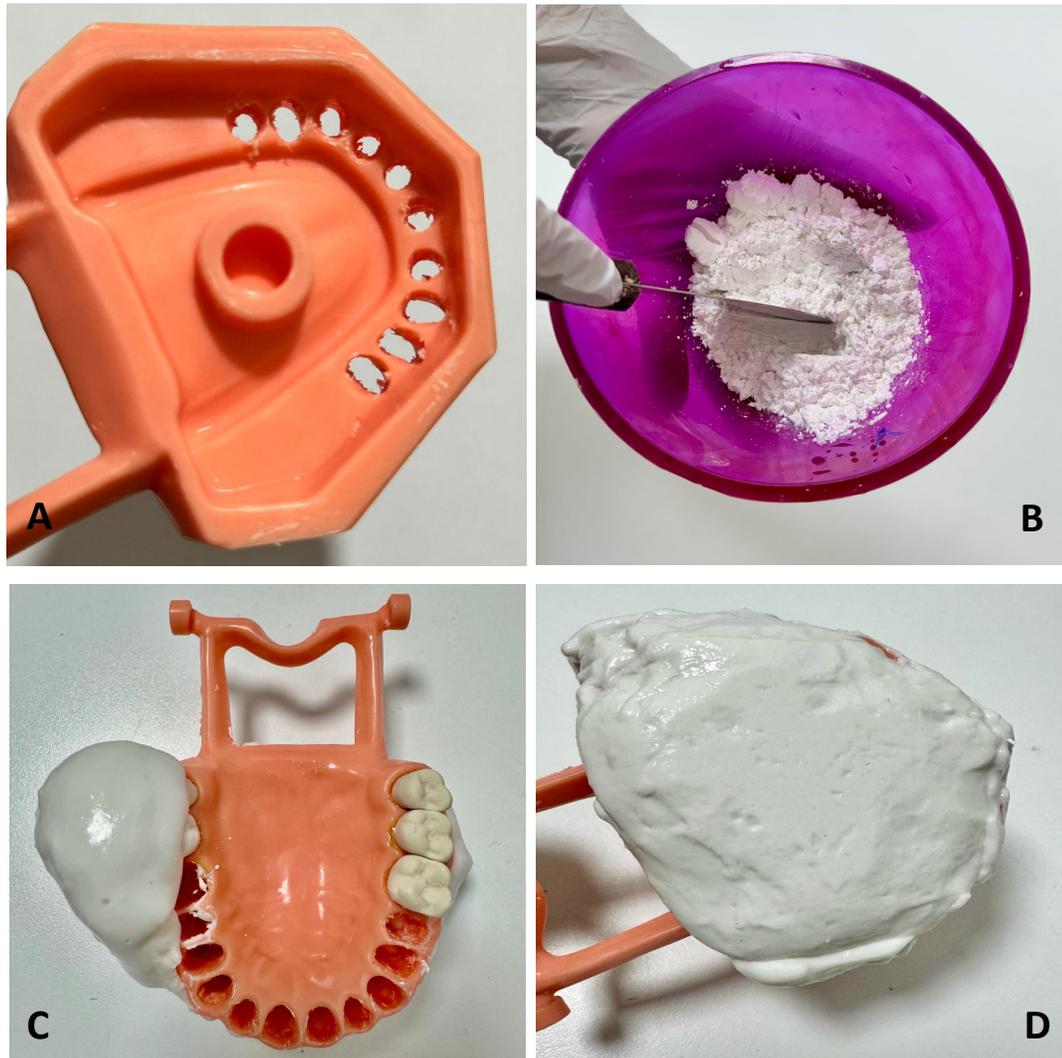
**Figura 4. Selección de dientes humanos extraídos y toma de radiografía inicial.** Se evaluó cada diente conforme a los criterios acordados y se tomó radiografías digitales iniciales en sentido vestibulo-lingual y mesio-distal utilizando el equipo NanoPix 2 Eighteen y se asignaron a uno de los cuatro grupos de estudio mediante una tabla de números aleatorios.

Con una fresa de diamante cilíndrica número 4 (Jet, SDS Kerr) se realizó el desgaste horizontal sobre la superficie coronaria del diente, con el objetivo de establecer un punto de referencia coronal plano, perpendicular al eje radicular. Se estableció la permeabilidad del conducto radicular con una lima tipo K (Dentsply Maillefer, EE.UU.) número 10 ó 15 y se irrigó con hipoclorito de sodio al 5.25%.

Se eliminaron interferencias de la entrada de los conductos con fresa Gates-Glidden número 3, 2 y 1 (VDW GmbH, Alemania) y se irrigó nuevamente con hipoclorito de sodio al 5.25%. Posteriormente, se eliminó el exceso de irrigante de la cavidad pulpar utilizando puntas de papel.(calibre 25, Hygenic)

Para elaborar el modelo de la toma de longitudes se retiraron los dientes incisivos y premolares de un tipodonto de plástico convencional y se realizaron perforaciones en los espacios que se alojaban las piezas anteriormente retiradas (incisivos y premolares ) con una fresa de carburo de bola número 4 en una pieza de mano de baja velocidad marca (Pana-Max PLUS, NSK-Japón) y posteriormente se utilizaron conos para pulir resina fieltro (Kerr Dental Europe) en una pieza de mano de baja velocidad. De manera que al colocar los dientes seleccionados para el estudio los ápices se pudieran salir hasta el otro lado de la perforación realizada para que pudieran quedar totalmente sumergidos en el alginato (67). Figura 5.

Se realizó ua mezcla de alginato (Kromopan 100 Lascod) según las indicaciones del fabricante y se llevó tanto a los bordes (simulado para colocar el clip labial ) como a la base donde se encontraban los espacios por donde deberían de salir las raíces de los dientes distribuyendolo en múltiples capas de alginato hasta dejar completamente cubierta la base del tipodonto para enseguida insertar los dientes por los agujeros hasta llegar al alginato (68). Figura 5.



**Figura 5. Procedimiento clínico de preparación de modelo.** A. Elaboración de perforaciones en los espacios que se alojaban las piezas anteriormente retiradas. B. Mezcla de alginato para preparación de modelo. C y D. Se colocó capas de alginato hasta dejar completamente cubierta la base del tipodonto.

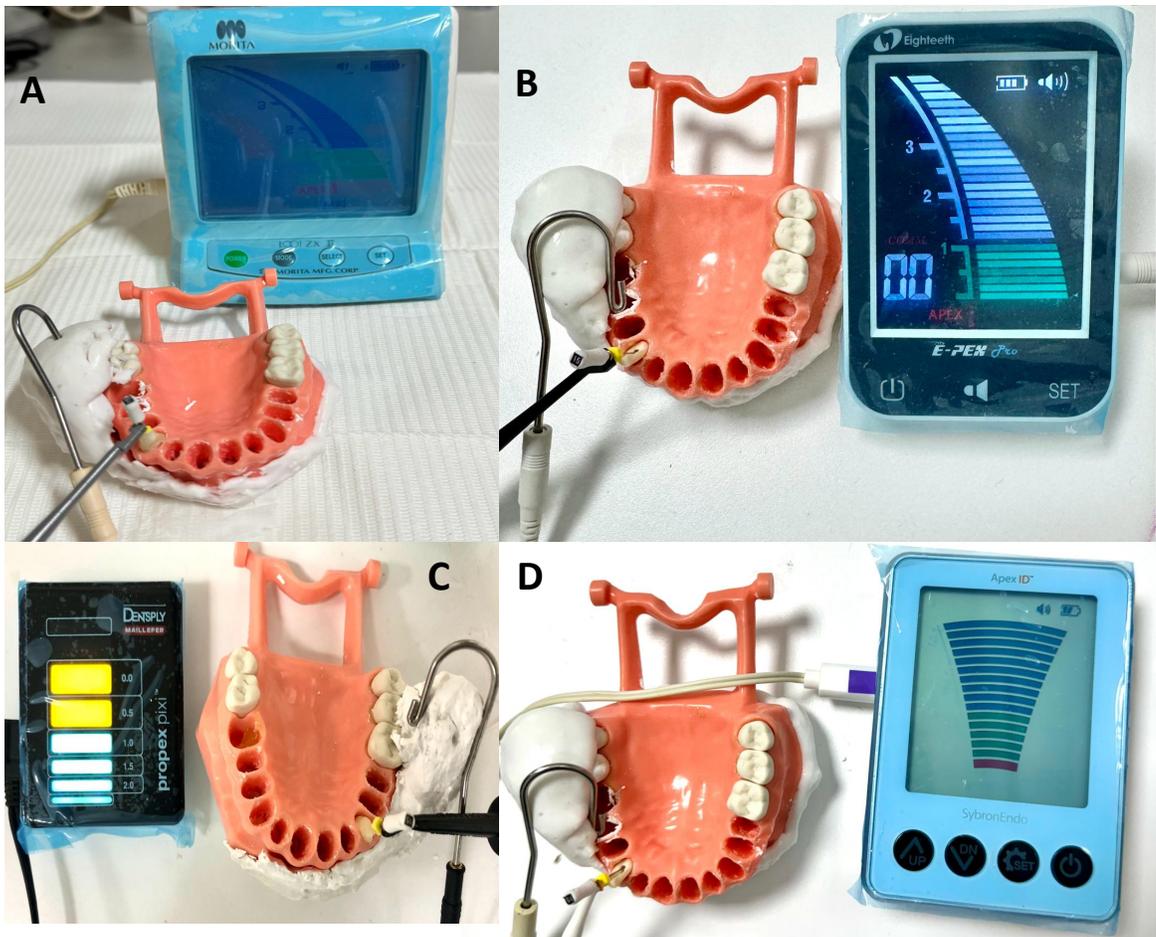
Se dividieron las piezas dentales en 3 grupos de estudio (Apex ID, Epex Pro, Propex Pixi) más el grupo de control (Root Zx). Previo a realizar las mediciones se conectó el electrodo labial al localizador asignado conforme al grupo de dientes a trabajar, luego se verificaba su respectiva calibración encendiendo el LAE y después colocando el sujetador de la lima al gancho del localizador apical por consecuente cerrando el circuito eléctrico.

Posteriormente se inició a tomar las lecturas correspondientes para cada grupo de dientes, se introdujo hasta las proximidades de tercio medio una lima tipo K (Mani, Japón) número 10 o 15 que ajustó a la anatomía del conducto radicular previamente identificado. El sujeta-limas del localizador apical electrónico (LAE) se conectó siguiendo las modalidades indicadas, se prendió y se introdujo la lima en el conducto hasta que el localizador de ápices indicara que había sobrepasado el foramen apical. Luego, se retrocedió la lima hasta que el indicador marcara 0. Figura 6.

La medición de datos fue aceptada después de 5 segundos de estabilidad repitiendo cada lectura 3 veces y la lima manual en ésta posición se estabilizó a la corona del diente con pegamento instantaneo (KolaLoka<sup>R</sup> Brocha 5g) y posterior se colocó encima resina compacta (CHARISMA CLASSIC A3.5) y se fotopolimerizó con lámpara de luz halógena (Bluephase N MC 100-240) por 40 segundos.

Con una fresa de diamante cilíndrica (Jet SDS Kerr) se cortó el mango de la lima tipo K y se retiró el diente del tipodonto. Cada uno de los dientes fueron inmersos en acrílico autopolimerizable para conformar un bloque (69).Figura 7.

Se evaluaron y se desgastaron lateralmente 4 mm, bajo microscopio óptico OPMI en amplificación. El desgaste lateral fue desde apical hasta cervical con el propósito de exponer la lima K. Para el desgaste se utilizó una fresa diamandatada (TR12, MANI) en pieza de alta velocidad, con irrigación de spray de agua ( Micromotor eléctrico alta velocidad, ROENTGEN RTG-MAV) a una velocidad alternada de 02 a 10 rpm). Las raíces se irrigaron con (15 segundos ) EDTA 17% para eliminar restos dentinarios provenientes del desgaste apical.



**Figura 6. Toma de lecturas correspondientes para cada grupo de dientes. A.** Se tomo medición con LAE Root ZX. **B.** Se tomó medición con LAE Epex Pro. **C.** Toma de medición con LAE Propex Pixi. **D.** Toma de medición con LAE Apex ID.

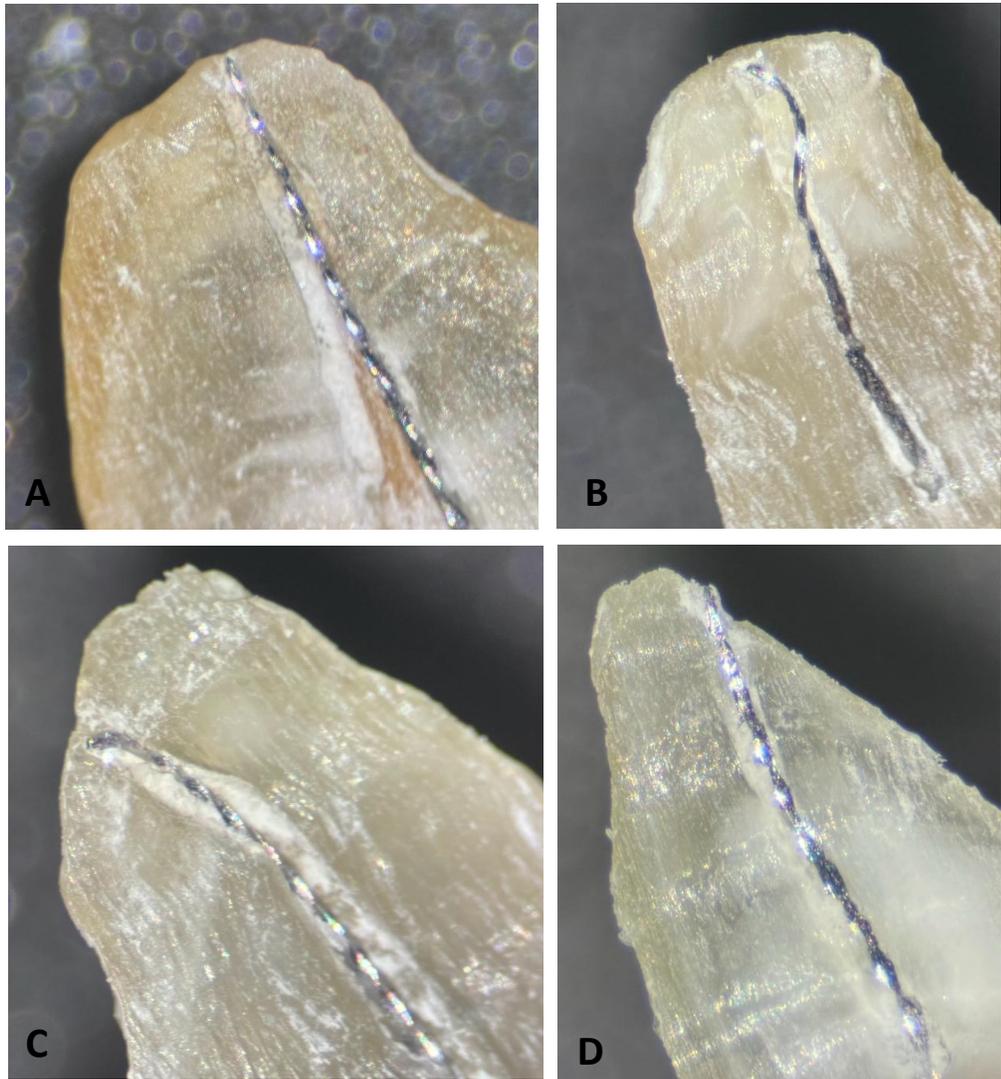


**Figura 7. Procedimiento clínico.** A. Procedimiento de inclusión en acrílico. B y C. Desgaste apical. D. Dientes en el bloque de acrílico.

Cada bloque de acrílico fue seleccionado por grupo y número de espécimen. Las muestras fueron inmersas en frascos con alcohol al 100%, hasta su fase de análisis y evaluación.

Para su fase y análisis de evaluación cada una de las muestras fue observada en el microscopio (ZUMAX 2350) con un aumento de (3x) hasta que se logró el enfoque correcto para la toma de una fotografía con celular (Apple Iphone 15pro) con aumento de (1.5x). Posteriormente se realizó la medida de las muestras con la ayuda del programa Motic Microscopes tomando como referencia la punta de la lima hacia el límite del foramen apical.

Los datos recopilados de las mediciones realizadas se ingresaron en un programa de software SPSS© versión 20, donde se crearon múltiples tablas que demostraron las características y resultados.



**Figura 8. Identificación de foramen apical.** A. Imagen de grupo Apex ID. B. Imagen de grupo Epex Pro. C. Imagen de Propex Pixi. D. Imagen de Root Zx.

## **2.8 Análisis Estadístico**

La precisión se determinó por medio de análisis de ANOVA para comparar y analizar las diferencias de medición del conducto radicular entre los grupos. Se muestran los resultados por medios de tablas descriptivas donde las variables numéricas se describen como medias  $\pm$  desviación estandar y categoricas como conteos.

Los datos obtenidos fueron analizados con el software SPSS© versión 20 y el uso de la prueba Tukey para la comparación de medias individuales provenientes del analisis de varianza. Se consideró una diferencia significativa cuando el valor p resultó  $< 0.05$ .

### 3 RESULTADOS

Se utilizaron un total de 60 dientes humanos extraídos, distribuidos en 4 grupos. Se llevó a cabo el proceso metodológico para cada diente previo a la toma de longitud de trabajo del conducto radicular y enseguida se calculó la diferencia entre la medición del conducto radicular y la media de las mediciones del localizador como una medida de la precisión del aparato. Se excluyeron dos muestras de los grupos Propex Pixi y Epex Pro por presentar valores extremos.

El análisis de varianza (ANOVA) demostró que no existen diferencias significativas ( $p= 0.147$ ) en la precisión promedio de los localizadores apicales electrónicos comparados con el grupo control. Ver Tabla 1.

De acuerdo al análisis de la precisión de cada LAE, no existen diferencias significativas entre las medias de la longitud del conducto radicular. Sin embargo, algunas medidas de los aparatos estuvieron por arriba y otras por debajo de la media del conducto radicular. Definiendo la diferencias con la media de cada localizador fue, Root Zx de 0.33, Apex ID 0.19, Epex Pro 0.46 y Propex Pixi 0.41. Por lo tanto se obtuvo una media menor del LAE Apex ID y una media mayor del LAE Epex Pro.

Como resultado al hacer el análisis estadístico de varianza no se encontró diferencia estadísticamente significativo ( $p <.05$ ). Ver Tabla 2 y Figura 9.

Se realizó un análisis de normalidad bajo la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y todos los grupos presentaron una distribución normal. Ver Tabla 3.

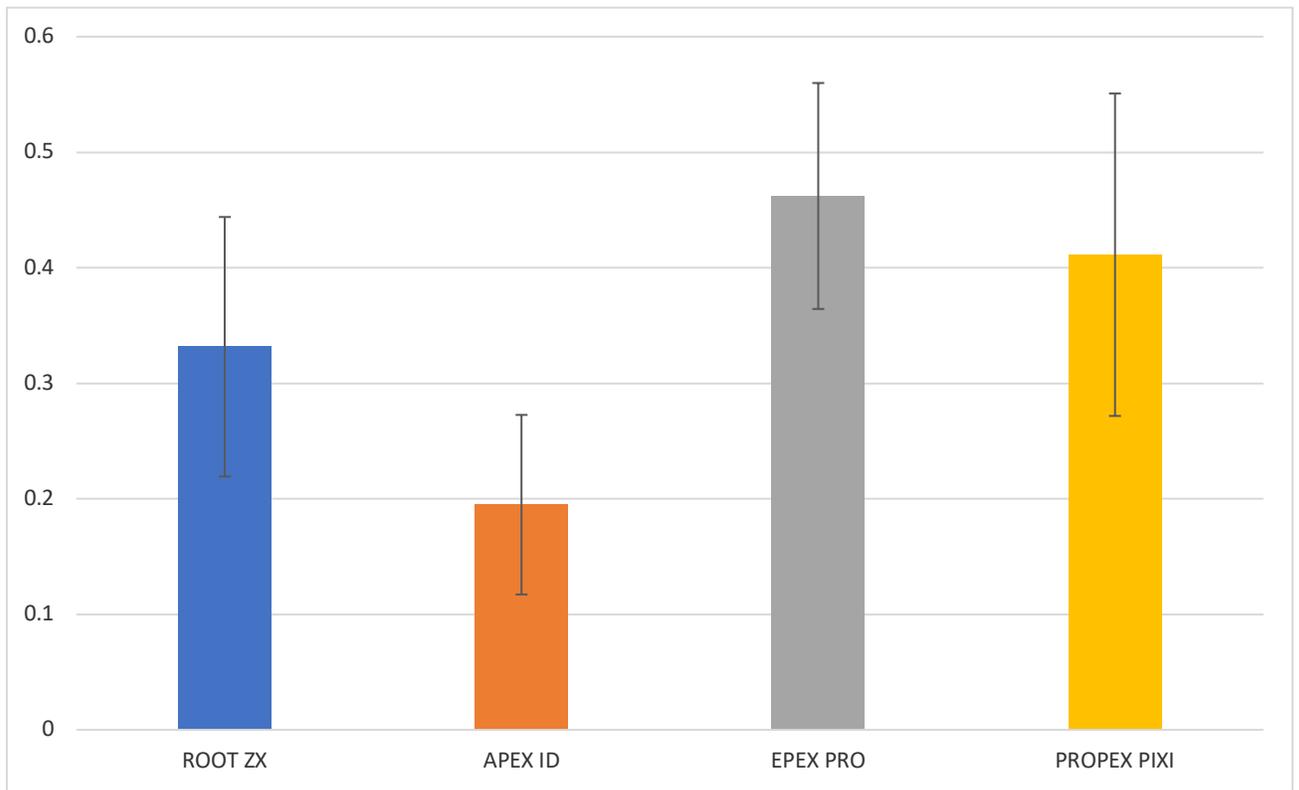
Por lo tanto, podemos concluir que el localizador que obtiene mayor precisión en comparación con el grupo control es el Apex ID.

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Inter-grupos	.594	3	.198	1.861	.147
Intra-grupos	5.746	54	.106		
Total	6.340	57			

**Tabla 1. Tabla ANOVA para comparar las medias de precisión**

Localizador Apical Electrónico		N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
ROOT ZX	Longitud Apical	15	-.15690	.95010	.3316400	.33514131	.112
APEX ID	Longitud Apical	15	-.28300	.79010	.1949133	.27877142	.078
EPEX PRO	Longitud Apical	14	.06740	1.17380	.4621429	.31275192	.098
PROPEX PIXI	Longitud Apical	14	-.05900	1.17400	.4112929	.37358242	.140

**Tabla 2. Estadísticos de la longitud de trabajo radicular de cada localizador apical electrónico.**



**Figura 9. Medias de la precisión de cada localizador apical.**

## 4 DISCUSIÓN

En términos generales, los estudios que investigan la precisión en la determinación de la longitud de trabajo utilizando localizadores apicales electrónicos arrojan resultados altamente positivos. Se ha demostrado numerosos beneficios que ofrece el empleo de estos dispositivos en el tratamiento de conductos radiculares.

En el presente estudio se utilizaron 4 localizadores apicales electrónicos de diferentes generación (tercera, cuarta y quinta) para determinar la longitud radicular y valorar su respectiva precisión, dando como resultado, no existir diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Coincidiendo con la investigación de Nasiri et. al. en 2022 en la que concluyeron que la generación de un localizador de ápices no juega un papel fundamental en la precisión con la que los dispositivos electrónicos determinan la longitud de trabajo (3). Sin embargo en otro estudio en colaboración de Gurel et. al en 2017 y Jadhav et.al. en 2018 en base hallazgos a su investigación concluyeron la quinta generación modificada o bien llamada sexta generación, presenta una mayor precisión en la medición de la longitud de trabajo (6)(16).

En referencia a la literatura endodóntica se ha considerado el estándar de oro en dispositivos electrónicos para la medición precisa de longitud radicular el LAE Root ZX II (60). Sin embargo consistentes hallazgos de otros estudios en relación a la comparación de la precisión de diversos LAE han reportado resultados favorables en la determinación de la longitud radicular como en el de Piasecki et. al. en 2016 reportando no haber diferencia significativa entre la longitud medida por los localizadores apicales (Root ZX II y Apex ID) (70), lo que coincide con resultados de este estudio.

Yolagiden et. al. realizaron un estudio en el que compararon la precisión de cuatro localizadores apicales electrónicos para detectar una posición a 0,5mm por debajo del agujero mayor. En el concluyeron que el LAE Apex ID ofreció los mejores resultados en la longitud de trabajo ( una posición 0,5mm por debajo del foramen mayor) dentro de los límites de  $\pm 0,5$  mm (0,04 mm, 92%) (71). Esto concuerda con

nuestros resultados donde obtuvimos una media menor del LAE Apex ID en comparación al grupo control y los otros dos localizadores apicales electrónicos.

En el presente trabajo, se llevó a cabo la evaluación de los dientes mediante el desgaste del tercio medio y apical de la raíz y la medición de la punta de la lima hasta el foramen apical, siguiendo el enfoque utilizado en otros estudios (2)(72)(73). Se considera que el desgaste disminuye la cantidad de variables y facilita una medición más precisa de la distancia desde la punta de la lima hasta el foramen apical (2). Se han empleado otras técnicas para valorar los límites apicales, como la diafanización. Sin embargo, durante el proceso desmineralización para la diafanización, existe la posibilidad de que se produzca pérdida de estructura dentaria radicular apical y que se alteren las mediciones electrónicas (74).

## **5 CONCLUSIÓN**

El localizador apical electrónico se reconoce como un auxiliar eficiente para determinar la longitud de trabajo en tratamientos de endodoncia. Si bien, su desempeño está vinculada a la habilidad del operador, lo que implica la necesidad de capacitación y la consideración de las indicaciones del fabricante para garantizar un uso seguro y preciso.

Nuestros resultados indican que no existen diferencias estadísticamente significativas en la precisión promedio en comparación al grupo control. Sin embargo, se encontró una media menor que el grupo control del LAE Apex ID y una media mayor del LAE Epex Pro.

Es por eso que consideramos que el localizador que obtuvo mayor precisión en la toma de la longitud de trabajo del conducto radicular en comparación al grupo control es el LAE Apex ID.

Por lo tanto el uso del localizador apical es una herramienta indispensable para el éxito del tratamiento endodóntico.

## 6 PERSPECTIVAS

- Elaborar un estudio *in vivo* que evalué la precisión de los localizadores apicales electrónicos en dientes humanos indicados a exodoncia con pulpa vital o necrosis pulpar.
- Se recomienda aumentar el tamaño de muestra de cada grupo.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

1. Ramezani M, Bolbolian M, Aliakbari M, Alizadeh A, Tofangchiha M, Faegh SM, et al. Accuracy of Three Types of Apex Locators versus Digital Periapical Radiography for Working Length Determination in Maxillary Premolars: An In Vitro Study. *Clin Pract.* el 1 de diciembre de 2022;12(6):1043–53.
2. Broon NJ, Palafox-Sánchez CA, Estrela C, Camarena DCS, Uribe M, Ceja I, et al. Analysis of electronic apex locators in human teeth diagnosed with apical periodontitis. *Braz Dent J.* el 1 de noviembre de 2019;30(6):550–4.
3. Nasiri K, Wrbas KT. Accuracy of different generations of apex locators in determining working length; a systematic review and meta-analysis. Vol. 34, *Saudi Dental Journal.* Elsevier B.V.; 2022. p. 11–20.
4. Diwanji A, Rathore A, Arora R, Dhar V, Madhusudan A, Doshi J. Working length determination of root canal of young permanent tooth: An in vitro study. *Ann Med Health Sci Res.* 2014;4(4):554.
5. Parioikh M, Manochehrifar H, Abbott P V., Borna R, Haghdoost AA. Effect of various electronic devices on the performance of electronic apex locator. *Iran Endod J.* el 1 de septiembre de 2019;14(4):278–82.
6. Gürel MA, Helvacioğlu Kivanç B, Ekici A. A COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE ACCURACIES OF RAYPEX 5, RAYPEX 6, IPEX AND IPEX II ELECTRONIC APEX LOCATORS: AN IN VITRO STUDY. *J Istanbul Univ Fac Dent.* el 2 de enero de 2016;51(1).
7. Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PMH. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. Vol. 39, *International Endodontic Journal.* 2006. p. 595–609.
8. KUTTLER Y. Microscopic investigation of root apexes. *J Am Dent Assoc.* 1955;50(5):544–52.
9. Bin Rubaia'An MA, Abuhassna M, Alshahrani RK, Alghulikah K, Dahham Alsaffan A. Apexoconnection: A novel technique to determine working length. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2021;13:353–60.
10. Iparraguirre Nuñovero MF, Piasecki L, Segato AVK, Westphalen VPD, Silva Neto UX, Carneiro E. A laboratory study of the accuracy of three electronic apex locators: influence of embedding media and radiographic assessment of the electronic apical limit. *Int Endod J.* el 1 de julio de 2021;54(7):1200–6.
11. Kamaraj PS, Parandhaman H, Raguganesh V. Comparison of Five different methods of Working length determination: An ex vivo study. *Endodontology.* el 1 de octubre de 2020;32(4):187–92.
12. Khadse A, Sheno P, Kokane V, Khode R, Sonarkar S. Electronic Apex Locators-An overview. Vol. 2, *Indian Journal of Conservative and Endodontics.*

13. 25. Electronic apex locators- a review.
14. 27. Electronic Apex Locator. Sonal Soi.
15. De-Deus G, Cozer V, Souza EM, Silva EJNL, Belladonna FG, Simões-Carvalho M, et al. Clinical Accuracy and Precision of 3 Multifrequency Electronic Apex Locators Assessed through Micro-Computed Tomographic Imaging. *J Endod.* el 1 de mayo de 2023;49(5):487–95.
16. Jadhav GR, Mittal P, Patil V, Kandekar P, Kulkarni A, Shinde S, et al. Accuracy of Different Apex Locators in Teeth with Simulated Apical Root Resorption: an In Vitro Study. *Folia Med (Plovdiv).* el 1 de diciembre de 2018;60(4):624–31.
17. Mainkar A, Kim SG. Diagnostic Accuracy of 5 Dental Pulp Tests: A Systematic Review and Meta-analysis. Vol. 44, *Journal of Endodontics.* Elsevier Inc.; 2018. p. 694–702.
18. Carvalho TS, Lussi A. Age-related morphological, histological and functional changes in teeth. Vol. 44, *Journal of Oral Rehabilitation.* Blackwell Publishing Ltd; 2017. p. 291–8.
19. Histología. HISTOLOGÍA, EMBRIOLOGÍA E INGENIERÍA TISULAR BUCODENTAL.
20. Bordoni Fondazione Don Carlo Gnocchi B, Ghannam MG, Alameddine H, Bordoni B. Anatomy, Head and Neck, Pulp (Tooth) [Internet]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/340925707>
21. Meng H, Hu L, Zhou Y, Ge Z, Wang H, Wu CT, et al. A Sandwich Structure of Human Dental Pulp Stem Cell Sheet, Treated Dentin Matrix, and Matrigel for Tooth Root Regeneration. *Stem Cells Dev.* el 15 de abril de 2020;29(8):521–32.
22. Gutmann Bing Fan JL, Del Capítulo Í. Morfología dental y cavidades de acceso pulpar. 2022.
23. Kenneth E, Hargreaves M, Berman LH. Cohen. Vías de la Pulpa UNDÉCIMA EDICIÓN.
24. booksmedicosorg. Endodoncia TÉCNICAS CLÍNICAS Y BASES CIENTÍFICAS.
25. Karobari MI, Parveen A, Mirza MB, Makandar SD, Nik Abdul Ghani NR, Noorani TY, et al. Root and Root Canal Morphology Classification Systems. Vol. 2021, *International Journal of Dentistry.* Hindawi Limited; 2021.
26. Tertucci F, Seelig A, Robert Gillis awl, City J. Root canal morphology of the human maxillary second premolar.
27. Kenneth E, Hargreaves M, Berman LH. Cohen. Vías de la Pulpa UNDÉCIMA EDICIÓN.
28. Burch JG, Hulen X, Lexington K. The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root.
29. Siskin M, Vertucci FJ, lu DD, Gainesville F. Root canal anatomy of the human permanent teeth.
30. Briseñ Marroquín B, A El-Sayed MA, Willershausen-Zö nnchen B. Morphology of the Physiological Foramen: I. Maxillary and Mandibular Molars. Vol. 30. 2004.

31. Vier F V, Figueiredo JAP. Internal apical resorption and its correlation with the type of apical lesion.
32. Aguiar BA, Reinaldo RS, Frota LMA, Do Vale MS, Vasconcelos BC de. Root ZX Electronic Foramen Locator: An Ex Vivo Study of Its Three Models' Precision and Reproducibility. *Int J Dent.* 2017;2017.
33. Cury MTS, Vasques AMV, Bueno CRE, Machado T, Trizzi JQ, Santana VDS, et al. Accuracy of Root ZXII, E-PEX and FIND apex locators in teeth with vital pulp: an in vivo study. *Braz Oral Res.* 2021;35:1–7.
34. Tomokiyo A, Wada N, Maeda H. Periodontal Ligament Stem Cells: Regenerative Potency in Periodontium. Vol. 28, *Stem Cells and Development.* Mary Ann Liebert Inc.; 2019. p. 974–85.
35. Zhao N, Foster BL, Bonewald LF. The Cementocyte - An Osteocyte Relative? Vol. 95, *Journal of Dental Research.* SAGE Publications Inc.; 2016. p. 734–41.
36. Yamamoto T, Hasegawa T, Yamamoto T, Hongo H, Amizuka N. Histology of human cementum: Its structure, function, and development. Vol. 52, *Japanese Dental Science Review.* Elsevier Ltd; 2016. p. 63–74.
37. Ward E. A Review of Tissue Engineering for Periodontal Tissue Regeneration. Vol. 39, *Journal of Veterinary Dentistry.* SAGE Publications Ltd; 2022. p. 49–62.
38. Newton CW, Hoen MM, Goodis HE, Johnson BR, McClanahan SB. Identify and Determine the Metrics, Hierarchy, and Predictive Value of All the Parameters and/or Methods Used During Endodontic Diagnosis. *J Endod.* diciembre de 2009;35(12):1635–44.
39. Colleagues for Excellence ENDODONTICS [Internet]. 2013. Disponible en: [www.aae.org/colleagues](http://www.aae.org/colleagues)
40. Azim AA, Merdad K, Peters OA. Diagnosis consensus among endodontic specialists and general practitioners: An international survey and a proposed modification to the current diagnostic terminology. *Int Endod J.* el 1 de noviembre de 2022;55(11):1202–11.
41. Eleazer PD, Glickman GN, Scott JD, McClanahan B, Terry MS, Webb D, et al. Special Committee on Cracked Tooth Initiative (2015) Special Committee to Develop Position Statement on Maxillary Sinusitis of Endodontic Etiology (2018).
42. Di Spirito F, Scelza G, Fornara R, Giordano F, Rosa D, Amato A. Post-Operative Endodontic Pain Management: An Overview of Systematic Reviews on Post-Operatively Administered Oral Medications and Integrated Evidence-Based Clinical Recommendations. Vol. 10, *Healthcare (Switzerland).* MDPI; 2022.
43. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study.
44. Harrá Ponce E, Antonio Vilar Fernández J. The Cemento-Dentino-Canal Junction, the Apical Foramen, and the Apical Constriction: Evaluation by Optical Microscopy. 2003.

45. Lee AHC, Neelakantan P, Dummer PMH, Zhang C. Cemental tear: Literature review, proposed classification and recommendations for treatment. Vol. 54, *International Endodontic Journal*. John Wiley and Sons Inc; 2021. p. 2044–73.
46. Singh AK, Rathod A, Reddy A, Moyin S, Punathil S, Shah A. Evaluation of the efficacy of different systems in determination of root canal working length: A comparative study. *World Journal of Dentistry*. 2021;12(5):399–402.
47. Koçak S, Koçak M, Sağlam B. Efficiency of 2 electronic apex locators on working length determination: A clinical study. *Journal of Conservative Dentistry*. mayo de 2013;16(3):229–32.
48. Bernardo RCFD, Alves LS, Bruno AMV, Coutinho TMC, Gusman H. The accuracy of electronic apex locators for determining working length: An in vitro study with artificial teeth. *Australian Endodontic Journal*. el 1 de agosto de 2021;47(2):217–21.
49. Kruse C, Spin-Neto R, Wenzel A, Kirkevang LL. Cone beam computed tomography and periapical lesions: A systematic review analysing studies on diagnostic efficacy by a hierarchical model. Vol. 48, *International Endodontic Journal*. 2015. p. 815–28.
50. Gambarini G, Piasecki L, Miccoli G, Gaimari G, Di Nardo D, Testarelli L. Cone-beam computed tomography in the assessment of periapical lesions in endodontically treated teeth. *Eur J Dent*. el 1 de enero de 2018;12(1):136–43.
51. Mahmoud O, Abdelmagied MHA, Dandashi AH, Jasim BN, Kayali HAT, Al Shehadat S. Comparative Evaluation of Accuracy of Different Apex Locators: Propex IQ, Raypex 6, Root ZX, and Apex ID with CBCT and Periapical Radiograph - In Vitro Study. *Int J Dent*. 2021;2021.
52. Miccoli G, Cicconetti A, Gambarini G, Giudice A Del, Ripanti F, Di Nardo D, et al. A new device to test the bending resistance of mechanical endodontic instruments. *Applied Sciences (Switzerland)*. el 2 de octubre de 2020;10(20):1–6.
53. Broon NJ, Cruz A, Palafox Sánchez CA, Andaracua García S. Principios, evolución y precisión de los localizadores electrónicos de Foramen Revisión de la Literatura.
54. Martins JNR, Marques D, Mata A, Caramês J. Clinical efficacy of electronic apex locators: Systematic review. Vol. 40, *Journal of Endodontics*. Elsevier Inc.; 2014. p. 759–77.
55. Oliveira TN, Vivacqua-Gomes N, Bernardes RA, Vivan RR, Duarte MAH, Vasconcelos BC. Determination of the Accuracy of 5 Electronic Apex Locators in the Function of Different Employment Protocols. *J Endod*. el 1 de octubre de 2017;43(10):1663–7.
56. Kim PJ, Kim HG, Cho BH. Evaluation of electrical impedance ratio measurements in accuracy of electronic apex locators. *Restor Dent Endod*. 2015;40(2):113.
57. Connert T, Judenhofer MS, Hülber-J M, Schell S, Mannheim JG, Pichler BJ, et al. Evaluation of the accuracy of nine electronic apex locators by using Micro-CT. *Int Endod J*. el 1 de febrero de 2018;51(2):223–32.

58. Cîmpean SI, Chisnoiu RM, Colceriu Burtea AL, Rotaru R, Bud MG, Delean AG, et al. In Vitro Evaluation of the Accuracy of Three Electronic Apex Locators Using Different Sodium Hypochlorite Concentrations. *Medicina (Lithuania)*. el 1 de mayo de 2023;59(5).
59. Eid B, Waly AS. ACCURACY OF TWO APEX LOCATORS IN CALCULATING WORKING LENGTH IN MOLAR PRIMARY TEETH: AN EX VIVO STUDY [Internet]. 2020. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/342675016>
60. Serna-Peña G, Gomes-Azevedo S, Flores-Treviño J, Madla-Cruz E, Rodríguez-Delgado I, Martínez-González G. In Vivo Evaluation of 3 Electronic Apex Locators: Root ZX Mini, Apex ID, and Propex Pixi. *J Endod*. el 1 de febrero de 2020;46(2):158–61.
61. Gopinath Daokar Chhatrapati Shahu Maharaj Shikshan Sanstha S, Wahane Chatrapati Shahu Maharaj Shikshan Sanstha K, Pawar K, Jethwani D, Daokar S, Wahane K, et al. Evaluation Of Root Zx, Apex Id, Propex Pixi And Raypex 6 In Teeth With Wide Apical Foramen An In-Vitro Study [Internet]. 2018. Disponible en: [www.ijmsir.com](http://www.ijmsir.com)
62. Bilaiya S, Patni PM, Jain P, Pandey SH, Raghuwanshi S, Bagulkar B. Comparative evaluation of accuracy of Ipex, Root Zx Mini, and Epex pro apex locators in teeth with artificially created root perforations in presence of various intracanal irrigants. *Eur Endod J*. 2020;5(3):6–9.
63. Mohan M, Verma MR, Jain AK, Rao RD, Yadav P, Agrawal S. Comparison of Accuracy of Dentaport ZX, Rotor and E-Pex Pro Electronic Apex Locators in Two Simulated Clinical Conditions: An In Vitro Study. *Journal of Conservative Dentistry*. el 1 de enero de 2022;25(1):58–62.
64. Gehlot PM, Manjunath V, Manjunath MK. An in vitro evaluation of the accuracy of four electronic apex locators using stainless-steel and nickel-titanium hand files . *Restor Dent Endod*. 2016;41(1):6.
65. Osei-Bonsu F, Ampofo P, Nyako E, Hewlett S, Buckman V, Konadu A, et al. Accuracy of the electronic apex locator, tactile, and radiographic methods in working length determination. *Journal of Conservative Dentistry*. el 1 de mayo de 2023;26(3):311–5.
66. Tellioglu Avcı GR, Kaya S. Comparison of the accuracy of different electronic apex locators used in working length determination via changing of initial cleaning solutions. *International Dental Research*. el 30 de septiembre de 2021;11(Suppl. 1):56–62.
67. Sánchez CI. clorhexidina al 2% y Smear Clear [Internet]. Disponible en: <http://www.odontologia.uady.mx/revistas/rol/pdf/V03N2p27.pdf>
68. Bin Rubaia'An MA, Abuhassna M, Alshahrani RK, Alghulikah K, Dahham Alsaffan A. Apexoconnection: A novel technique to determine working length. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2021;13:353–60.
69. Broon NJ, Palafox-Sánchez CA, Estrela C, Camarena DCS, Uribe M, Ceja I, et al. Analysis of electronic apex locators in human teeth diagnosed with apical periodontitis. *Braz Dent J*. el 1 de noviembre de 2019;30(6):550–4.

70. Piasecki L, Carneiro E, da Silva Neto UX, Westphalen VPD, Brandão CG, Gambarini G, et al. The Use of Micro-Computed Tomography to Determine the Accuracy of 2 Electronic Apex Locators and Anatomic Variations Affecting Their Precision. *J Endod.* el 1 de agosto de 2016;42(8):1263–7.
71. Yolagiden M, Ersahan S, Suyun G, Bilgec E, Aydin C. Comparison of four electronic apex locators in detecting working length: An ex vivo study. *Journal of Contemporary Dental Practice.* el 1 de diciembre de 2018;19(12):1427–33.
72. Duran-Sindreu F, Stöber E, Mercadé M, Vera J, Garcia M, Bueno R, et al. Comparison of in vivo and in vitro readings when testing the accuracy of the root ZX apex locator. *J Endod.* febrero de 2012;38(2):236–9.
73. Stöber EK, De Ribot J, Mercadé M, Vera J, Bueno R, Roig M, et al. Evaluation of the Raypex 5 and the Mini Apex Locator: An in vivo study. *J Endod.* octubre de 2011;37(10):1349–52.
74. 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.* junio de 2012;45(6):552–6.

## 8 ANEXOS

LAE	N	POSITIVO	NEGATIVO	CERO
ROOT ZX	46	0.0698		
ROOT ZX	47	0.5033		
ROOT ZX	48		0.0687	
ROOT ZX	49		0.1569	
ROOT ZX	50			0
ROOT ZX	51	0.5714		
ROOT ZX	52	0.4559		
ROOT ZX	53	0.9501		
ROOT ZX	54	0.829		
ROOT ZX	55		0.043	
ROOT ZX	56	0.2388		
ROOT ZX	57	0.6673		
ROOT ZX	58	0.3326		
ROOT ZX	59	0.2991		
ROOT ZX	60	0.3259		
APEX ID	1	0.0125		
APEX ID	2		0.1176	
APEX ID	3	0.0084		
APEX ID	4	0.0364		
APEX ID	5	0.3485		
APEX ID	6	0.1176		
APEX ID	7	0.4874		
APEX ID	8	0.7901		
APEX ID	9	0.1227		
APEX ID	10		0.283	
APEX ID	11	0.0818		
APEX ID	12	0.3846		
APEX ID	13	0.294		
APEX ID	14	0.5484		
APEX ID	15	0.0919		

**Tabla 3. Medida de la punta de la lima al foramen apical del LAE Root ZX y Apex ID.**

LAE	N	POSITIVO	NEGATIVO	CERO
EPEX PRO	16	0.3909		
EPEX PRO	17	0.3478		
EPEX PRO	18	0.076.9		
EPEX PRO	19	0.0674		
EPEX PRO	20	0.1998		
EPEX PRO	21	0.8554		
EPEX PRO	22	1.1738		
EPEX PRO	23	0.4561		
EPEX PRO	24	0.456		
EPEX PRO	25	1.4892		
EPEX PRO	26	0.7479		
EPEX PRO	27	0.4041		
EPEX PRO	28	0.6454		
EPEX PRO	29	0.5011		
EPEX PRO	30	0.1474		
PROPEX PIXI	31	0.2307		
PROPEX PIXI	32	4.8509		
PROPEX PIXI	33	0.1489		
PROPEX PIXI	34	0.786		
PROPEX PIXI	35	0.5982		
PROPEX PIXI	36	0.1177		
PROPEX PIXI	37	0.1945		
PROPEX PIXI	38	0.1379		
PROPEX PIXI	39	0.4129		
PROPEX PIXI	40	0.048		
PROPEX PIXI	41	0.2878		
PROPEX PIXI	42	0.9159		
PROPEX PIXI	43		0.059	
PROPEX PIXI	44	1.174		
PROPEX PIXI	45	0.7646		

**Tabla 4. Medida de la punta de la lima al foramen apical del LAE Epex Pro y Propex Pixi.**

Localizador Apical Electrónico		Longitud Apical	
ROOT ZX	N	15	
	Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	.3316400
		Desviación típica	.33514131
	Diferencias más extremas	Absoluta	.116
		Positiva	.116
		Negativa	-.072
	Z de Kolmogorov-Smirnov		.449
Sig. asintót. (bilateral)		.988	
APEX ID	N	15	
	Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	.1949133
		Desviación típica	.27877142
	Diferencias más extremas	Absoluta	.202
		Positiva	.202
		Negativa	-.118
	Z de Kolmogorov-Smirnov		.783
Sig. asintót. (bilateral)		.572	
EPEX PRO	N	14	
	Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	.4621429
		Desviación típica	.31275192
	Diferencias más extremas	Absoluta	.165
		Positiva	.165
		Negativa	-.103
	Z de Kolmogorov-Smirnov		.616
Sig. asintót. (bilateral)		.842	
PROPEX PIXI	N	14	
	Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	.4112929
		Desviación típica	.37358242
	Diferencias más extremas	Absoluta	.201
		Positiva	.201
		Negativa	-.114
	Z de Kolmogorov-Smirnov		.752
Sig. asintót. (bilateral)		.624	

**Tabla 5. Prueba de normalidad.**

Resultados creados		13-FEB-2024 10:52:34
Comentarios		
Entrada	Datos	C:\Users\levilp\Dropbox\Endodoncia\Alumn Gen 21-23\Loc Apical Kenia.sav
	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos1
	Filtro	<ninguno>
	Peso	<ninguno>
	Dividir archivo	<ninguno>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	58
Tratamiento de los valores perdidos	Definición de los valores perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos de cada análisis se basan en los casos sin datos perdidos para cualquier variable en el análisis.
Sintaxis		ONEWAY LongT BY Sist /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=TUKEY ALPHA(0.05).
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:00.00
	Tiempo transcurrido	00:00:00.01

**Tabla 6. Análisis de varianza ANOVA**

(I) Localizador Apical Electrónico		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
ROOT ZX	APEX ID	.13672667	.11911581	.662	-.1790345	.4524878
	EPEX PRO	-.13050286	.12122422	.705	-.4518532	.1908474
	PROPEX PIXI	-.07965286	.12122422	.913	-.4010032	.2416974
APEX ID	ROOT ZX	-.13672667	.11911581	.662	-.4524878	.1790345
	EPEX PRO	-.26722952	.12122422	.135	-.5885798	.0541208
	PROPEX PIXI	-.21637952	.12122422	.292	-.5377298	.1049708
EPEX PRO	ROOT ZX	.13050286	.12122422	.705	-.1908474	.4518532
	APEX ID	.26722952	.12122422	.135	-.0541208	.5885798
	PROPEX PIXI	.05085000	.12329658	.976	-.2759939	.3776939
PROPEX PIXI	ROOT ZX	.07965286	.12122422	.913	-.2416974	.4010032
	APEX ID	.21637952	.12122422	.292	-.1049708	.5377298
	EPEX PRO	-.05085000	.12329658	.976	-.3776939	.2759939

**Tabla 7. Prueba Post-Hoc ANOVA**

Localizador Apical Electrónico	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1
APEX ID	15		.1949133
ROOT ZX	15		.3316400
PROPEX PIXI	14		.4112929
EPEX PRO	14		.4621429
Sig.			.135

**Tabla 8. Análisis de subconjuntos de Tukey**