# Artículo de Investigación

## INFLUENCIA DE LA CURVATURA RADICULAR EN LA PRECISIÓN ODONTOMÉTRICA EMPLEANDO DIFERENTES MODELOS DE LOCALIZADORES APICALES

*Influence of root curvature on odontometric precision using different models of apex locators*

Marion Elizabeth Massana Iraheta[1]
Helen Beatriz Merino Madrid[2]
Karla Paola Mendoza Mejía[3]
Helen de Cassia Piccolo de Herrera[4]

Recibido 22/11/23
Aceptado 06/03/24

## RESUMEN

La odontometría precisa es fundamental para la obtener un pronóstico favorable en la terapia endodóntica. Para alcanzar esta precisión, es importante conocer la morfología radicular y los métodos electrónicos, limitando la acción del operador en el interior del conducto radicular para evitar daños periapicales y favorecer la reparación de la zona periapical. El objetivo de este estudio fue determinar la influencia de la curvatura radicular en la precisión odontométrica empleando diferentes modelos de localizadores apicales. Este estudio fue de tipo cuantitativo, explicativo, prospectivo, experimental y transversal. La muestra fue conformada por 80 raíces, siendo 20 rectas, 20 con curvatura leve, 20 con curvatura moderada y 20 con curvatura severa según la clasificación de Schneider y determinada con el programa AutoCAD. El análisis de los datos indicó una correlación directa entre curvatura radicular y la precisión de los localizadores investigados ($p > 0.05$). Según la prueba T de muestras emparejadas entre las medias de las longitudes manuales, electrónicas y sin llevar en cuenta la curvatura radicular, se encontró diferencia estadística significativa, pero no hubo diferencia estadística significativa entre las medias electrónicas. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula que afirma que la curvatura radicular no influye en la precisión odontométrica de los tres localizadores apicales investigados y se rechaza la hipótesis de *trabajo* que afirma que la curvatura radicular influye en la precisión odontométrica de los tres localizadores apicales. Se concluye que, independiente de la curvatura radicular, el aparato con mayor porcentaje de precisión fue el E-Pex (98.59 %), seguido del AirPex (98.43 %) y el Root ZX II (96.78 %).

**Palabras clave**: curvatura radicular, localizadores apicales, precisión odontométrica, El Salvador

1 Egresada de Odontología, Universidad Evangélica de El Salvador, editorial@uees.edu.sv, https://orcid.org/0009-0003-9917-9206
2 Egresada de Odontología, Universidad Evangélica de El Salvador, editorial@uees.edu.sv, https://orcid.org/0009-0009-2082-6743,
3 Egresada de Odontología, Universidad Evangélica de El Salvador, editorial@uees.edu.sv https://orcid.org/0009-0002-2280-036X
4 Docente investigadora, Doctora en Cirugía Dental, Asesora, Universidad Evangélica de El Salvador, editorial@uees.edu.sv https://orcid.org/0009-0002-8130-5449

## ABSTRACT

Precise odontometry is crucial for achieving a favorable prognosis in endodontic therapy. To achieve this precision, it is important to understand root morphology and employ electronic methods, limiting the operator's actions inside the root canal to prevent periapical damage, and promote the healing of the periapical area. The objective of this study was to determine the influence of root curvature on odontometric precision using different models of apex locators. This study was quantitative, explanatory, prospective, experimental, and cross-sectional in nature. The sample consisted of 80 roots, 20 of which were straight, 20 with slight curvature, 20 with moderate curvature, and 20 with severe curvature according to Schneider's classification and determined using AutoCAD. Data analysis indicated that there was no correlation between root curvature and the precision of the investigated apex locators ($p > 0.05$). According to the T-test of paired samples between the means of the manual lengths, electronic lengths, and without taking into account the root curvature, a significant statistical difference was found, but there was no significant statistical difference between the electronic means. Therefore, the null hypothesis stating that root curvature does not influence the odontometric precision of the three investigated apex locators is accepted, and the working hypothesis stating that root curvature does influence the odontometric precision of the three apex locators is rejected. It is concluded that regardless of root curvature, the device with the highest percentage of precision was the E-Pex (98.59%), followed by the AirPex (98.43%), and the Root ZX II (96.78%).

**Keywords**: root curvature, apex locators, odontometric precision, El Salvador

## INTRODUCCIÓN

La endodoncia busca prevenir lesiones pulpares, periodontales y tratar las ya existentes para devolver forma y función perdidas a través de la rehabilitación oral.(1)

El tratamiento endodóntico se basa en la conformación biomecánica del sistema de conductos radiculares preservando la estructura original, siendo necesario un conocimiento profundo de la morfología interna.(2-4)

El tratamiento de conductos, según varios estudios, presenta un 95 % de éxito en caso de pulpitis irreversible (2-6) y un 85 % en casos necróticos.(5-7)

Durante la práctica endodóntica es probable encontrar un número importante de hallazgos, entre ellos curvaturas de diferentes angulaciones que dificultarán el tratamiento radicular,(8-10) porque ellas influyen en la apertura cameral, en la preparación biomecánica, en la entrada de irrigantes y en el sellado del conducto, por esto es importante conocer la anatomía radicular.(11-13)

Schneider definió la curvatura radicular como el ángulo formado entre la proyección del eje largo del conducto y la tangente al ápice radicular; las clasificó como rectas (0°), leves (9° o menos), moderadas (entre 10° y 24°) y severas (25° a 70°).(14)

En la terapia endodóntica, la etapa de la odontometría es muy importante y busca medir la longitud de trabajo, limitando la acción del operador dentro del conducto radicular para evitar daños periapicales y favorecer la reparación de la zona.(15)

Varios autores han estudiado la longitud radicular y se definió que el límite ideal de la obturación radicular debe estar a 1 mm del ápice.(16)

Las técnicas odontométricas son la táctil, la punta de papel, la radiográfica y la electrónica. (17) Es mejor asociar la técnica radiográfica y la electrónica para obtener una odontometría más precisa.(18-20)

La técnica electrónica es más confiable que las radiografías convencionales,(21) proporciona mayor agilidad, menor exposición a radiaciones, posibilidad de uso en embarazadas y reproducibilidad de las medidas.(22)

Los localizadores establecen la longitud radicular cuando la punta de la lima toca el tejido periapical en el agujero apical a través de una corriente eléctrica.(23) La conductividad eléctrica de los tejidos apicales es mayor que la conductividad interna del sistema de conductos.(24)

El método electrónico desde Custer,(25) Suzuki (26) y Sunada,(27) ha superado los problemas iniciales de la conducción eléctrica, substancias irrigantes y presencia de tejido vital o necrótico.(28) Lo que todavía no ha sido superado son los conductos no permeables, la imposibilidad de aislamiento, las restauraciones metálicas y su uso en pacientes con marcapasos.(29,30)

Debido a todo lo anteriormente mencionado sobre la importancia de la curvatura radicular y una correcta odontometría en la terapia endodóntica, este estudio tiene como objetivo general determinar la influencia o no de la curvatura radicular en la precisión odontométrica al emplear los localizadores apicales Root ZX II (Morita),(31) el AirPex wireless apex locator (Eighteeth)(32) y el E-Pex apex locator (Eighteeth ).(33)

## METODOLOGÍA

Este estudio de tipo cuantitativo, explicativo, prospectivo, experimental y transversal recibió la aprobación del Comité de Ética de la UEES para ser realizado.

La muestra fue conformada por 80 raíces dentales, divididas según la clasificación de Schneider en 20 rectas, 20 con curvatura leve, 20 con curvatura moderada y 20 con curvatura severa. Se obtuvo de pacientes de las Unidades de Salud de San José Villanueva, Chiltiupán y Apopa durante los meses de febrero a mayo con su previo consentimiento. Los criterios de inclusión consideraron piezas unirradiculares y multirradiculares, con raíces rectas, con diferentes tipos de

curvatura y con ápices formados. Se excluyeron piezas con caries radiculares, ápices abiertos, ápices reabsorbidos, raíces calcificadas, raíces con reabsorciones internas y externas, y con obstrucciones intracanal.

Para la desinfección de las piezas se utilizó hipoclorito de sodio y glutaraldehído; para su conservación se colocaron en suero fisiológico. Se eliminaron las coronas y los conductos fueron permeabilizados con limas número 10, 15 y 20.

Las raíces fueron codificadas y fotografiadas utilizando el programa AutoCAD para determinar su angulación radicular.

Se realizó la conductometría con limas de níquel-titanio, regla milimétrica y calibrador digital para obtener la longitud radicular manual.

Cada raíz se posicionó en esponja vegetal con solución de Milton, colocando en el primer gancho del localizador una lima según el diámetro del conducto. El segundo se introdujo en la esponja humedecida para cerrar el circuito eléctrico y obtener la conductometría electrónica con cada uno de los localizadores apicales.

## RESULTADOS

Para el análisis descriptivo e inferencial de los datos recolectados, se utilizó el programa estadístico SPSS versión 26; con base en la hipótesis propuesta sobre la influencia de la curvatura radicular en las mediciones obtenidas con los diferentes modelos de localizadores apicales no se encontró diferencia estadística significativa; además, entre la correlación entre tipo de curvatura y las mediciones obtenidas tampoco se encontró diferencia significativa; el menor porcentaje de exactitud calculado para los tres aparatos se relaciona con las raíces con curvatura radicular severa. Independientemente de la curvatura radicular, el localizador apical con mayor precisión fue el E-Pex, seguido del AirPex y del Root ZX II (Tabla 4).

**Tabla 1.** Medias calculadas según tipo de curvatura.

| TIPO DE CURVATURA | | LONGITUD | AIRPEX | EPEX | ROOT ZX II |
|---|---|---|---|---|---|
| RECTA | Media | 13.3300 | 13.1300 | 13.1500 | 13.13500 |
| | N | 20 | 20 | 20 | 20 |
| | Desviación | 1.96123 | 1.93285 | 2.00434 | 1.981566 |
| LEVE | Media | 12.7800 | 12.6400 | 12.7050 | 12.60000 |
| | N | 20 | 20 | 20 | 20 |
| | Desviación | 2.34960 | 2.33923 | 2.35226 | 2.217158 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| MODERADA | Media | 13.3810 | 13.3000 | 13.1750 | 13.12500 |
| | N | 20 | 20 | 20 | 20 |
| | Desviación | 1.80142 | 1.72566 | 1.72257 | 1.628003 |
| SEVERA | Media | 12.7150 | 12.3200 | 12.4400 | 12.12000 |
| | N | 20 | 20 | 20 | 19 |
| | Desviación | 1.38916 | 1.37825 | 1.41138 | 1.382445 |
| Total | Media | 13.0515 | 12.8475 | 12.8675 | 12.75291 |
| | N | 80 | 80 | 80 | 79 |
| | Desviación | 1.89522 | 1.88176 | 1.89388 | 1.848531 |
| Sig. | = | 0.445 | 0.087 | 0.088 | 0.085 |

Presenta las medidas obtenidas con los tres modelos de localizadores apicales y su comparación en mm a la medida real de las piezas radiculares; se realiza la prueba de Kolmogorov-Smirnov, ya que el tamaño de la muestra n=>50 y se obtuvieron los siguientes datos k(n) = 9.02; ca = 0.895; k(s)c = 0.024; k(s)t = 0.099; el P-valor para cada localizador apical fue mayor a 0.05 de significancia, por tanto, se tiene una distribución normal de los datos.

**Tabla 2.** Análisis de varianza (ANOVA) entre tipo de curvatura y mediciones obtenidas.

| | | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Longitud * tipo de curvatura | Entre grupos | (Combinado) | 7.462 | 3 | 2.487 | 0.684 | 0.564 |
| | Dentro de grupos | | 276.297 | 76 | 3.635 | | |
| | Total | | 283.758 | 79 | | | |
| AirPex * tipo de curvatura | Entre grupos | (Combinado) | 12.118 | 3 | 4.039 | 1.147 | 0.336 |
| | Dentro de grupos | | 267.622 | 76 | 3.521 | | |
| | Total | | 279.739 | 79 | | | |
| E-Pex * tipo de curvatura | Entre grupos | (Combinado) | 7.670 | 3 | 2.557 | 0.705 | 0.552 |
| | Dentro de grupos | | 275.685 | 76 | 3.627 | | |
| | Total | | 283.356 | 79 | | | |





| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Root ZX II * TIPO DE CURVATURA | Entre grupos | (Combinado) | 13.767 | 3 | 4.589 | 1.362 | 0.261 |
| | Dentro de grupos | | 252.764 | 75 | 3.370 | | |
| | Total | | 266.531 | 78 | | | |

Cuando se comparan las medias de tres o más grupos, el ANOVA puede indicar si al menos un par de medias es significativamente diferente ($p > 0.05$); no se encontró diferencia estadística significativa entre el tipo de curvatura y las mediciones obtenidas, por lo que no se rechaza la hipótesis nula planteada.

**Tabla 3.** Correlación de Pearson entre tipo de curvatura y diferentes mediciones.

| Raíz | LONGITUD | AIRPEX | EPEX | ROOT ZX II | r |
|---|---|---|---|---|---|
| Recta | 13.330 | 13.130 | 13.150 | 13.135 | 0 |
| Leve | 12.780 | 12.640 | 12.705 | 12.600 | 0 |
| Moderada | 13.381 | 13.300 | 13.175 | 13.125 | 0 |
| Severa | 12.715 | 12.320 | 12.440 | 12.120 | 0 |
| r | | 0.97093 | 0.97278 | 0.94067 | 0.9614 |

La correlación de Pearson para variables de distribución normal se distribuye entre el parámetro $0 < r < 1$, dando como resultado una correlación directa entre las variables analizadas (Tabla 3).

**Tabla 4.** Prueba T de muestras emparejadas sin llevar en cuenta la variable curvatura radicular .

| Media | | Diferencias emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Desviación | Desv. Error promedio | 95 % de intervalo de confianza de la diferencia | | | | | |
| | | | | Inferior | Superior | | | | |
| Par 1 | Longitud - airpex | 0.20400 | 0.29922 | 0.03345 | 0.11570 | 0.29230 | 6.098 | 79 | 0.000 |
| Par 2 | Longitud - E-Pex | 0.18400 | 0.24685 | 0.02760 | 0.11115 | 0.25685 | 6.667 | 79 | 0.000 |
| Par 3 | Longitud - Root ZX II | 0.31189 | 0.584409 | 0.065751 | 0.138293 | 0.485504 | 4.744 | 78 | 0.000 |

No se encontró diferencia estadística significativa entre las medias calculadas para los tres localizadores.





**Tabla 5.** Prueba T de muestras emparejadas entre los diferentes localizadores.

| Media | | Diferencias emparejadas | | | | | t | gl | Sig. bilateral |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Desviación | Desv. Error promedio | 95 % de intervalo de confianza de la diferencia | | | | | |
| | | | | Inferior | Superior | | | | |
| Par 1 | AirPEX E-Pex | -0.02000 | 0.37430 | 0.04185 | -0.10330 | 0.06330 | -0.478 | 79 | 0.634 |
| Par 2 | AirPEX Root ZX II | 0.11164 | 0.49406 | 0.055586 | 0.000981 | 0.222310 | 2.009 | 78 | 0.048 |
| Par 3 | E-Pex Root ZX II | 0.13316 | 0.59607 | 0.067063 | -0.000348 | 0.266677 | 1.986 | 78 | 0.051 |

**Tabla 6.** Porcentaje de exactitud de los diferentes modelos de localizadores.

| | Longitud | | AirPex | | E-Pex | | Root ZX II | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SUMA | % | SUMA | % | SUMA | % | SUMA | % |
| RECTA | 266.60 | 100 | 262.60 | 98.49 | 263.00 | 98.64 | 262.74 | 98.55 |
| LEVE | 255.60 | 100 | 252.80 | 98.90 | 254.10 | 99.41 | 252.00 | 98.59 |
| MODERADA | 267.62 | 100 | 266.00 | 99.39 | 263.50 | 98.46 | 262.50 | 98.08 |
| SEVERA | 254.30 | 100 | 246.40 | 96.89 | 248.80 | 97.83 | 230.28 | 90.55 |
| TOTAL | 1044.12 | 100 | 1027.80 | 98.43 | 1029.40 | 98.59 | 1010.52 | 96.78 |

Independientemente de la curvatura radicular, el localizador apical con mayor precisión fue el E-Pex (98.59 %), seguido del AirPex (98.43 %) y el Root ZX II (96.78 %); el localizador que presentó el mayor el porcentaje de exactitud con la variable curvatura radicular severa fue el E-Pex (97.83 %).





## DISCUSIÓN

El éxito de la terapia endodóntica depende del conocimiento de la morfología y fisiología de la pieza dental, y una correcta ejecución de los pasos operativos. En cuanto a la morfología, en este estudio se hizo énfasis en la curvatura radicular según la clasificación de Schneider.(14)

Una correcta conductometría previene la sintomatología dolorosa posoperatoria y las reinfecciones a largo plazo que suelen suceder cuando se ultrapasa la constricción apical, irrespetando los principios biológicos.

Según Rodríguez et al., los localizadores apicales son de fácil manejo, tienen buena aceptación, dan mayor comodidad a los pacientes, reducen el número de radiografías y exposición a la radiación de los pacientes y profesionales, reducen el tiempo y costo del tratamiento. (34) Para Ortiz y Navas, el método electrónico no sustituye el uso de las radiografías, ambos se complementan y aumentan el número de éxitos en los tratamientos de conductos radiculares.(29)

Pratten y McDonald concluyen que las radiografías proveen una imagen bidimensional de un objeto que, en realidad, es tridimensional, incluyendo las interferencias anatómicas y los riesgos de la radiación.(35) Naoum et al., Paniagua et al. y Moraes et al. reportaron que la técnica radiográfica presenta dificultades en la odontometría por las distorsiones, interferencias anatómicas, sobreposiciones, imposibilidad de visualización del foramen y de la constricción apical. (36-38)

Olson et al. determinaron que, en dientes extraídos, al medir con limas la longitud dada por la ubicación del ápice radiográfico, solo un 82 % coincidió con el foramen apical real.(39) Shanmugaraj et al. mencionan que el localizador apical elimina muchos de los problemas asociados con los métodos radiográficos.(40)

En la conductometría electrónica, el éxito consiste en obtener una buena imagen radiográfica inicial de diagnóstico para verificar la anatomía radicular, practicar su uso in vitro, conocer las investigaciones realizadas y seguir las indicaciones del fabricante.

En este estudio no se encontró diferencia significativa entre los diferentes tipos de curvaturas radiculares y la precisión odontométrica de los aparatos investigados, conclusión semejante reportada por Saatchi et al., que también concluyeron que la curvatura radicular no influyó en la precisión del localizador apical al utilizar el Root ZX, el precursor del Root ZX II que se investigó en este estudio.(41)

El estudio de Piasecki et al. evaluó la precisión del CanalPro, Apex ID y Mini Root ZX en canales mesiales curvos de molares mandibulares y concluyó que no se encontraron diferencias significativas entre el porcentaje de exactitud entre los dispositivos.(42)

En este estudio, independientemente de la curvatura radicular, el localizador con mayor precisión fue el E-Pex (98.59 %) seguido del AirPex (98.43 %) y el Root ZX II (96.78 %). Entre los tres





localizadores apicales no se encontró diferencia estadística significativa entre las medias calculadas, con un nivel de 0.05 de significancia. También se determinó que el localizador con mayor precisión fue el E-Pex, con un resultado de eficacia del 98.59 %, aunque Cury et al. demostraron para el E-Pex una exactitud del 80 %.(43)

Cabrera & Vega compararon los localizadores Woodpex III y AirPex y concluyeron que el Woodpex III presentó mejor exactitud que el AirPex, con un nivel de 0.05 de significancia.(44)

Vega comparó el Root ZX II, Propex Pixi y Root ZX Mini; concluyó que la precisión de la longitud apical fue del 95 %, por lo que los tres son eficaces para determinar la conductometría con alto grado de precisión.(45)

Uno de los localizadores más estudiados es el Root ZX II; Durán-Sindreu et al. determinaron que no se observaron diferencias significativas en su precisión ex vivo o in vivo, con un desempeño excelente en ambos casos.(46) Guisa et al. demostraron en un estudio ex vivo que el Root ZX II localizaba el foramen apical con mayor precisión que el AirPex, aunque en esta investigación no se encontró diferencia estadística entre la exactitud entre el Root ZX II, el AirPex y el E-Pex.(47)

D'Assunção et al. demostraron también que el Root ZX II es eficaz para evitar la sobreestimación de la longitud de trabajo y para localizar perforaciones radiculares.(48)

Esta investigación brinda al gremio odontológico y a los estudiantes de odontología un respaldo teórico y práctico actualizado e importante sobre el uso de los localizadores apicales y su precisión, que permite beneficiar a los pacientes con un tratamiento endodóntico con mayor probabilidad de éxito y también a los operadores, ya que se reducen los niveles de estrés; es importante aclarar que el uso de localizadores apicales no sustituye la toma de radiografías dentales, estos deben ir de la mano para asegurar el éxito del tratamiento.

## CONCLUSIONES

- Al realizar la prueba de correlación entre tipo de curvatura y las demás variables, se verificó que la influencia de la curvatura radicular no fue significativa. El análisis inferencial de los datos indicó que no hubo correlación entre curvatura radicular y la precisión de los localizadores investigados.

- En el análisis de varianza (ANOVA) no se encontró diferencia estadística significativa entre el tipo de curvatura y las medias calculadas para los diferentes localizadores apicales utilizados en este estudio y la medición manual realizada.

- Al utilizar la prueba T de muestras emparejadas entre la longitud radicular manual y las longitudes obtenidas, con los tres modelos de localizadores apicales y sin llevar en cuenta la curvatura radicular, se encontró diferencia estadística significativa entre las medias calculadas, con un nivel de 0.1 de significancia.





- Al utilizar la prueba T de muestras emparejadas entre la longitud radicular manual y las obtenidas con los tres modelos de localizadores apicales, se verificó que entre el AirPex wireless apex locator y el E-PEX apex locator no hubo diferencia estadística significativa entre las medias calculadas, pero sí diferencia estadística significativa entre el AirPex wireless apex locator y el E-PEX apex locator con el Root ZXII, con 99 % de intervalo de confianza.

- Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula que afirma que la curvatura radicular no influye en la precisión odontométrica de los tres localizadores apicales investigados y se rechaza la hipótesis de trabajo que afirma que la curvatura radicular influye en la precisión odontométrica de los tres localizadores apicales.

- En cuanto al porcentaje de precisión odontométrica, con los tres aparatos tomando en cuenta la variable de las raíces dentales con curvatura radicular severa, el E-PEX apex locator fue el más preciso (97.83 %), seguido del AirPex wireless apex locator (96.89 %) y finalmente el del Root ZX II (90.55 %).

## RECOMENDACIONES

Es importante resaltar que los localizadores apicales son dispositivos de gran utilidad, porque permiten respetar los principios biológicos en la endodoncia, promoviendo una mejor reparación periapical postratamiento. Por lo tanto, se recomienda que:

- Estos aparatos sean utilizados por los profesionales y los estudiantes en los pacientes solamente después de realizar un entrenamiento in vitro para dominar el método de la odontometría electrónica y conocer las especificaciones técnicas del fabricante sobre el uso del localizador apical.

- En cuanto a la secuencia técnica, se debe realizar una radiografía inicial confiable, remover el contenido del interior de dos tercios del conducto radicular, mantener la humedad del conducto y, si lo especifica el fabricante, se debe calibrar el localizador apical. Además, el instrumento utilizado para la medición debe ser compatible con el diámetro del conducto radicular y ser de níquel titanio, ya que las limas de acero inoxidable pueden dar un resultado falso positivo.

- No se deben utilizar los localizadores en piezas con restauraciones metálicas, porque estas pueden interferir en la lectura electrónica y deben ser removidas; no así en el caso de restauraciones con resinas o ionómeros.

- No se debe utilizar el aparato en raíces con reabsorción apical, con apicoformación incompleta, con reabsorciones externas y en pacientes con marcapaso por riesgo de interferencia.

- Efectuar investigaciones ex vivo con los diferentes localizadores apicales ofrecidos en el mercado nacional y estudios clínicos que involucren las variables estudiadas en esta investigación.





## Declaración de conflictos de intereses

Se declara que esta investigación sobre la influencia de la curvatura radicular en la precisión odontométrica empleando diferentes modelos de localizadores apicales no contiene potenciales conflictos de interés, tanto personales como no personales.

## Fuentes de financiamiento

Esta investigación recibió financiamiento de la Facultad de Odontología de la Universidad Evangélica de El Salvador.

## Contribución de las autoras al trabajo

La Dra. Helen de Herrera contribuyó con la idea, el diseño experimental y el análisis estadístico de los datos recolectados.

Las egresadas contribuyeron con la obtención y preparación de la muestra, la recolección de los datos y la escritura del anteproyecto, informe final y artículo científico.





## REFERENCIAS

1. Bergenholtz G, Horsted-Bindslev P, Reit C. Endodoncia. 2.ª ed. Pastrana Retana VM, traductor; Arróniz Padilla S, revisor técnico; Martínez Moreno M, editor. (MX): Manual Moderno; 2011. 384 p.

2. Trope M. The vital tooth – its importance in the study and practice of endodontics. Endod Topics [Internet]. 2003 [citado 2023 May 13];5(1):1-1. Disponible en: https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2003.00031.x

3. Seltzer S, Bender IB. Cognitive dissonance in endodontics. Oral Surg Oral Med Oral Pathol [Internet]. 1965 Oct [citado 2023 May 13];20(4):505-16. Disponible en: https://doi.org/10.1016/0030-4220(65)90244-6

4. Basmadjian-Charles CL, Farge P, Bourgeois DM, Lebrun T. Factors influencing the long-term results of endodontic treatment: a review of the literature. Int Dent J. [Internet]. 2002 [citado 2023 May 13];52(2):81-6. Disponible en: https://doi.org/10.1111/j.1875-595X.2002.tb00605.x

5. Chugal NM, Clive JM, Spångberg LS. A prognostic model for assessment of the outcome of endodontic treatment: Effect of biologic and diagnostic variables. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod [Internet]. 2001 Mar [citado 2023 May 13];91(3):342-52. Disponible en: https://doi.org/10.1067/moe.2001.113106

6. Friedman S. Prognosis of initial endodontic therapy. Endod Topics [Internet]. 2002 [citado 2023 May 13];2(1):59-88. Disponible en: https://doi.org/10.1034/j.1601-1546.2002.20105.x

7. Friedman S, Abitbol S, Lawrence HP. Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase 1: initial treatment. J Endod. [Internet]. 2003 Dic [citado 2023 May 13];29(12):787-93. Disponible en: https://doi.org/10.1097/00004770-200312000-00001

8. Hilú R, Peguero Estévez L. Estudio comparativo del comportamiento de tres localizadores apicales electrónicos. Un estudio "ex vivo". Rev Asoc Odontol Argent [Internet]. 2013 Sep [citado 2023 May 15];101(3):91-6. Disponible en: https://raoa.aoa.org.ar/revistas/?roi=1013000237

9. Ensinas P, Caba Cabrera R, Martil M, Rionda R. Radix entomolaris: análisis de la frecuencia y el grado de curvatura radicular en una población de la República Argentina. Rev Asoc Odont Argent [Internet]. 2013 Jun [citado 2023 May 15];101(2):42-7. Disponible en: https://raoa.aoa.org.ar/revistas/?roi=1012000244

10. Monardes Cortés H, Abarca Reveco J, Chaparro González D, Pizarro Gamboa F. Hallazgos radiográficos de connotación endodóntica utilizando tomografía computarizada de haz cónico. Av Odontoestomatol [Internet]. 2015 Abr [citado 2023 May 18];31(2):59–65. Disponible en: https://dx.doi.org/10.4321/S0213-12852015000200002





11. Seidberg BH, Altman M, Guttuso J, Suson M. Frequency of two mesiobuccal root canals in maxillary permanent first molars. J Am Dent Assoc [Internet]. 1973 Oct [citado 2023 May 18];87(4):852-6. Disponible en: https://doi.org/10.14219/jada.archive.1973.0489

12. Günday M, Sazak H, Garip Y. A comparative study of three different root canal curvature measurement techniques and measuring the canal access angle in curved canals. J Endod [Internet]. 2005 Nov [citado 2023 May 18];31(11):796-8. Disponible en: https://doi.org/10.1097/01.don.0000158232.77240.01

13. Park PS, Kim KD, Perinpanayagam H, et al. Three-dimensional analysis of root canal curvature and direction of maxillary lateral incisors by using cone-beam computed tomography. J Endod [Internet]. 2013 Sep [citado 2023 May 18];39(9):1124-9. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.06.001

14. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol [Internet]. 1971 [citado 2023 May 18];32(2):271-5. Disponible en: https://doi.org/10.1016/0030-4220(71)90230-1

15. Seltzer S, Soltanoff W, Sinai I, Goldenberg A, Bender IB. Biologic aspects of endodontics part III. Periapical tissue reactions to root canal instrumentation. 1968. J Endod [Internet]. 2004 Jul [citado 2023 May 18];30(7):491-9. Disponible en: https://doi.org/10.1097/00004770-200407000-00008

16. Ingle JI, Bakland LK. Endodoncia. 5.ª ed. González Hernández JL, traductor. (MX): McGraw-Hill / Interamericana Editores, S. A. de C. V.; 2004. 981 p.

17. Marcos-Arenal JL, Rivera EM, Caplan DJ, Trope M. Evaluating the paper point technique for locating the apical foramen after canal preparation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod [Internet]. 2009 Nov [citado 2023 May 18];108(5):e101-5. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.06.011

18. Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol [Internet]. 1972 Ene [citado 2023 May 18];33(1):101-10. Disponible en: https://doi.org/10.1016/0030-4220(72)90214-9

19. Ounsi HF, Haddad G. In vitro evaluation of the reliability of the Endex electronic apex locator. J Endod [Internet]. 1998 Feb [citado 2023 May 18];24(2):120-1. Disponible en: https://doi.org/10.1016/s0099-2399(98)80090-3

20. Parekh V, Taluja C. Comparative study of periapical radiographic techniques with apex locator for endodontic working length estimation: an ex vivo study. J Contemp Dent Pract [Internet]. 2011 Mar-Abr;12(2):131-4. Disponible en: https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1022

21. Gordon MP, Chandler NP. Electronic apex locators. Int Endod J [Internet]. 2004 Jul [citado 2023 May 18];37(7):425-37. Disponible en: https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2004.00835.x

22. Singh SV, Nikhil V, Singh AV, Yadav S. An in vivo comparative evaluation to determine the accuracy of working length between radiographic and electronic apex locators. Indian J Dent Res [Internet]. 2012 May-Jun [citado 2023 May 18];23(3):359-62. Disponible en: https://journals.lww.com/ijdr/fulltext/2012/23030/an_in_vivo_comparative_evaluation_to_determine_the.12.aspx

23. Welk AR, Baumgartner JC, Marshall JG. An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators . J Endod [Internet]. 2003 Ago [citado 2023 May 18];29(8):497-500. Disponible en: https://doi.org/10.1097/00004770-200308000-00002

24. Cajas Echeverria K, Mazzini Torres F. Exactitud de tres diferentes métodos que determinan la longitud de trabajo en endodoncia. Revista Científica Universidad Odontológica Dominicana [Internet]. 2019 Ene-Jun [citado 2023 May 18];7(1):1-7. Disponible en: https://revistacientificauod.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/06/revista-uod-enero-junio-2019-1.pdf

25. Custer LE. Exact methods of locating the apical foramen. Dent Regist [Internet]. 1918 Sep [citado 2023 May 18];72(9):420-5. Disponible en: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7845214/

26. Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. Jpn J Stomatology. 1942;16:411-29.

27. Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. J Dent Res [Internet]. 1962 [citado 2023 May 18]. 41(2):375-87 Disponible en: https://doi.org/10.1177/00220345620410020801

28. Ramos CAS, Bramante CM. Odontometria: Fundamentos e técnicas. 1.ª ed. São Paulo (BR): Santos; 2005. 130 p.

29. Gay Ortiz MM, Serrano Navas OG. Localizadores Apicales en Endodoncia. UstaSalud: Revista de la División de Ciencias de la Salud [Internet]. 2003 [citado 2023 May 18];2(1):33-41. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8863798

30. Muñoz Bravo R. Localizadores de ápices: últimas generaciones. Gaceta Dental [Internet]. 2001 [citado 2023 May 19];(119):64-9. Disponible en: https://gacetadental.com/2009/06/localizadores-de-pices-ltimas-generaciones-7830/

31. Morita [Internet]. jmoritaeurope.de. DentaPort Root ZX; [citado 2023 Mar 17]. Disponible en: https://www.jmoritaeurope.de/es/productos/sistemas-de-endodoncia/localizadores-de-apices/dentaport-root-zx/

32. Eighteeth [Internet]. eighteeth.com. AirPex wireless apex locator]; [citado 2023 Mar 17]. Disponible en: https://www.eighteeth.com/apex-locator/3.html

33. Eighteeth [Internet]. eighteeth.com. E-Pex apex locator; [citado 2023 Mar 17]. Disponible en: https://www.eighteeth.com/apex-locator/4.html





34. Rodríguez-Niklitschek C, Oporto GH. Determinación de la longitud de trabajo en endodoncia. Implicancias clínicas de la anatomía radicular y del sistema de canales radiculares. International Journal of Odontostomatology [Internet]. 2014 Sep [citado 2023 Ene 27];8(2):177-83. Disponible en: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2014000200005

35. Pratten DH, McDonald NJ. Comparison of radiographic and electronic working lengths. J Endod [Internet]. 1996 Abr [citado 2023 Ago 10];22(4):173-6. Disponible en: https://doi.org/10.1016/s0099-2399(96)80095-1

36. Naoum HJ, Love RM, Chandler NP, Herbison P. Effect of X-ray beam angulation and intraradicular contrast medium on radiographic interpretation of lower first molar root canal anatomy. Int Endod J [Internet]. 2003 Ene [citado 2023 Ago 10];36(1):12-9. Disponible en: https://doi.org/10.1046/j.0143-2885.2003.00604.x

37. Paniagua Arias AM, Cisneros Cabello R, Escribano Mediavilla NI, et al. Manual de Endodoncia. La guía definitiva. 1.ª ed. Zaragoza (ES): Ediciones Edra; 2022. 450 p.

38. de Morais AL, de Alencar AH, Estrela CR, et al. Working Length Determination Using Cone-Beam Computed Tomography, Periapical Radiography and Electronic Apex Locator in Teeth with Apical Periodontitis: A Clinical Study. Iran Endod J [Internet]. 2016 Summer;11(3):164-8. Disponible en: https://doi.org/10.22037/iej.v11i3.5239

39. Olson AK, Goerig AC, Cavataio RE, et al. The ability of the radiograph to determine the location of the apical foramen. Int Endod J [Internet]. 1991 Ene [citado 2023 Ago 10];24(1):28-35. Disponible en: https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1991.tb00867.x

40. Shanmugaraj M, Nivedha R, Mathan R, et al. Evaluation of working length determination methods: an in vivo / ex vivo study. Indian J Dent Res [Internet]. 2007 Abr-Jun [citado 2023 Ago 10];18(2):60-2. Disponible en: https://doi.org/10.4103/0970-9290.32421

41. Saatchi M, Iravani S, Akhavan Khaleghi M, et al. Influence of Root Canal Curvature on the Accuracy of Root ZX Electronic Foramen Locator: An In Vitro Study. Iran Endod J [Internet]. 2017 Spring [citado 2023 Ago 10];12(2):173-8. Disponible en: https://doi.org/10.22037/iej.v12i2.12703

42. Piasecki L, José Dos Reis P, Jussiani EI, et al. A Micro-computed Tomographic Evaluation of the Accuracy of 3 Electronic Apex Locators in Curved Canals of Mandibular Molars. J Endod [Internet]. 2018 Dic [citado 2023 Ago 10];44(12):1872-7. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.09.001

43. Cury MTS, Vasques AMV, Bueno CRE, et al. Accuracy of Root ZXII, E-PEX and FIND apex locators in teeth with vital pulp: an in vivo study. Braz Oral Res [Internet]. 2021 jun 28 [citado 2023 Ago 10];35:e080. Disponible en: https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2021.vol35.0080

44. Lalangui Cabrera VA, Zapata Vega F. Precisión de dos localizadores apicales en la determinación de la longitud de trabajo in vitro en dientes unirradiculares [tesis para obtener título profesional de cirujano dentista]. Piura (PE): Universidad César Vallejo; 2022. 95 p. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.12692/105344

45. Larrea Vega AM. Eficacia para determinar la longitud de trabajo entre los localizadores apicales Root ZX II (Morita) vs Propex Pixi (DENTSPLY) [tesis para optar al título de odontóloga]. Quito (EC): Universidad de las Américas; 2019. 72 p. Disponible en: http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10668

46. Duran-Sindreu F, Stöber E, Mercadé M, et al. Comparison of in vivo and in vitro readings when testing the accuracy of the Root ZX apex locator. J Endod [Internet]. 2012 Feb [citado 2023 Ago 10];38(2):236-9. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.10.008

47. Guise GM, Goodell GG & Imamura GM. In vitro comparison of three electronic apex locators. J Endod [Internet]. 2010 Feb [citado 2023 Ago 10];36(2):279-81. https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.016

48. D'Assunção FL, Sousa JC, Felinto KC, de Medeiros TC, Leite DT, de Lucena RB, de Oliveira Lima J. Accuracy and repeatability of 3 apex locators in locating root canal perforations: an ex vivo study. J Endod [Internet]. 2014 Ago [citado 2023 Ago 10];40(8):1241-44. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.02.004