



Depósito Legal: ppi201302ME4323  
ISSN: 2343-595X

# Revista Venezolana de Investigación Odontológica de la IADR

<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/rvio>



## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

### TÉCNICAS PARA DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN Y LA RELACIÓN DEL ÁPICE ANATÓMICO Y EL FORAMEN APICAL EN MOLARES: UNA REVISIÓN DE ALCANCE

Karelys Nathaly González Marín<sup>1</sup> y Kelly Lobo<sup>2</sup>

1. Tesista de la Facultad de Odontología, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela
2. Profesora del Departamento de Medicina Oral, Facultad de Odontología, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

## RESUMEN

El objetivo de esta revisión de alcance es sintetizar los estudios que han evaluado las técnicas para determinar la relación entre el ápice anatómico y el foramen apical en molares maxilares y mandibulares. Se realizó una revisión de alcance en bases de datos electrónicas internacionales para seleccionar, evaluar y sintetizar estudios clínicos y preclínicos que hayan evaluado las técnicas de localización, observación y medición de la relación entre el ápice anatómico y el foramen apical en molares maxilares y mandibulares en Google Scholar, Science Direct, Wiley Online Library, Trip Database, Medline (vía Pubmed) y SciELO, sin limitación de tiempo de publicación del estudio. Se descartaron revisiones tradicionales de la literatura, cartas al editor y editoriales, puesto que no aportan evidencia científica de calidad. Se incluyeron 36 artículos, predominantemente estudios preclínicos in vitro y ex vivo. Los resultados indican que se han utilizado exitosamente diferentes técnicas, instrumentos y equipos para localizar, observar y medir la relación entre el ápice anatómico y el foramen apical en molares maxilares y mandibulares, predominantemente de forma combinada. Sin embargo, los métodos digitales, como los localizadores electrónicos de ápices, la tomografía computarizada (TC), el microscopio electrónico de barrido (MEB) o la radiografía digital son más confiables, pues proporcionan mayor nivel de precisión de localización, observación y medición que los métodos convencionales. En consecuencia, se recomienda emplear métodos digitales, como los localizadores electrónicos de ápices, la TC, el MEB o la radiografía digital, pues estos pueden aumentar el nivel de precisión de localización, observación y medición.

#### Historial del artículo

Recibo: 28-09-21

Aceptado: 04-11-21

Disponible en línea:

01-01-2022

#### Palabras clave:

ápice anatómico,  
constricción  
apical,  
foramen apical,  
molares,  
endodancia

Autora de correspondencia: Kelly Lobo. Email: [kellyvanessalobotorres@gmail.com](mailto:kellyvanessalobotorres@gmail.com)

## TECHNIQUES TO DETERMINE THE LOCATION AND RELATIONSHIP OF THE ANATOMIC APEX AND THE APICAL FORAMEN IN MOLARS: A SCOPING REVIEW

---

### ABSTRACT

---

This scoping review aims to synthesize studies that have assessed the techniques used to determine the relationship between the anatomical apex and the apical foramen in maxillary and mandibular molars. A scoping review of international electronic databases was carried out to select, evaluate and synthesize clinical and preclinical studies that have evaluated the techniques of localization, observation, and measurement of the relationship between the anatomical apex and the apical foramen in Google Scholar, Science Direct, Wiley Online Library, Trip Database, Medline (via Pubmed), and SciELO, without limitation of publication time. Traditional reviews of the literature, letters to the editor, and editorials were discarded since they do not provide quality scientific evidence. 36 articles were included, mainly in vitro and ex vivo preclinical studies. Results indicate that different techniques, instruments, and equipment have been used successfully to locate, observe, and measure the relationship between the anatomical apex and the apical foramen in maxillary and mandibular molars, predominantly in combination. However, digital methods, such as electronic apex locators, computerized tomography (CT), scanning electron microscope (SEM), or digital radiography are more reliable, as provide a higher level precision in locating, observing, and measuring these anatomic landmarks than conventional methods. Therefore, it is recommended to use digital methods, such as electronic apex locators, CT, SEM, or digital radiography, as they can increase the level of precision of location, observation, and measurement.

**Keywords:** anatomic apex, apical constriction, apical foramen, molars, endodontics.

---

### Introducción

El conocimiento de la anatomía del conducto radicular y sus variaciones, especialmente en el tercio apical, es un requisito previo fundamental para el éxito del tratamiento del conducto radicular <sup>1,2</sup>. Permite evitar daños en los tejidos periapicales y garantizar una desinfección adecuada del conducto. La literatura describe la porción terminal de la raíz de un diente por puntos de referencia distintos, a saber, el foramen apical menor y mayor, la constricción apical, el ápice de la raíz y la unión cemento-dental (CDJ) <sup>2</sup>.

La CDJ dentro de un conducto radicular es la línea de unión entre la dentina y el cemento en la que termina el tejido pulpar, que representa posición en la que preferiblemente debe terminar la instrumentación y el relleno del conducto radicular. Desafortunadamente, este punto no se puede localizar clínica ni microscópicamente, sino solo mediante estudios

histológicos<sup>3,4</sup>, que la ubica entre 0,5 y 1 mm del foramen exterior o mayor<sup>4,5</sup>. La CDJ es un hito histológico que casi nunca coincide con la constricción apical y suele situarse apicalmente a ella. Por ello, la medición histológica ha sido considerada la prueba de oro<sup>6-8</sup>.

Por su parte, la constricción apical es la porción más estrecha del conducto radicular en el ápice<sup>9</sup>, generalmente se encuentra entre 0,5 y 1,5 mm del foramen apical. El foramen apical principal es el área de la región periapical donde se abre o desemboca el conducto radicular, la salida principal del conducto radicular hacia la superficie radicular externa, por lo que representa una zona crítica para el tratamiento endodóntico<sup>2</sup>. El ápice anatómico, por su parte, es el extremo radicular identificado morfológicamente<sup>10,11</sup>.

La visualización adecuada de los conductos radiculares y la región periapical es indispensable antes, durante y después del tratamiento endodóntico porque su éxito depende de la precisión con la que se realice el diagnóstico, la planificación y la ejecución del tratamiento<sup>12,13</sup>. Las distancias entre las aberturas del foramen y las puntas de los ápices y sus identificaciones radiográficas son clínicamente significativas<sup>14-16</sup>. En consecuencia, conocer la ubicación del foramen apical puede evitar errores operativos<sup>15,17</sup>.

En este sentido, se consideran importantes dos medidas para determinar la longitud de trabajo: distancia desde el foramen apical hasta la constricción apical y distancia desde el ápice hasta el foramen apical<sup>1,2</sup>. La relación del foramen apical mayor con el ápice anatómico ha sido objeto de varios estudios. En la estructura morfológica apical ideal coinciden el ápice y el foramen. Más que una posición clínica característica del sistema de conductos radiculares, esta estructura representa la formación histológica oral correcta o un hito anatómico (o histológico)<sup>18</sup>. Diversos estudios han determinado que esta relación no ocurre normalmente; en cambio, parece ser la excepción de la mayoría de los casos, pues aunque están cercanos anatómicamente, rara vez coinciden. Con frecuencia, el foramen no termina como el ápice anatómico verdadero de la raíz, ya que suele quedar desalineado y se desvía en promedio 0,5 mm del ápice real<sup>18,19</sup>. Además, su distancia puede variar según la edad y el tipo de diente, oscilando entre 0,2 y 3,0 mm<sup>2</sup>.

Los forámenes apicales pueden ser asimétricos debido a factores fisiológicos y patológicos<sup>20</sup>. Como la hipótesis más aceptable se considera el hecho de que existe una respuesta adaptativa y una influencia funcional, como consecuencia de la adaptación del diente a la actividad funcional, la remodelación constante del ápice radicular por reabsorción radicular externa y aposición de cemento. Por consiguiente, estas parecen ser las causas más comunes de desviación del foramen mayor<sup>11,21-23</sup>.

La constricción apical también tiene variaciones morfológicas y no puede detectarse radiográficamente<sup>17</sup>. Se encuentra a menudo cerca de la CDJ, por lo que se considera una referencia apical para el punto final de la preparación y obturación del conducto radicular

<sup>3,6,17</sup>. Establecer la longitud del sistema de conductos radiculares en la constricción apical se considera una longitud de trabajo ideal para el tratamiento de endodoncia <sup>4,5,13,24,25</sup>.

La longitud de trabajo es la distancia desde un punto de referencia coronal hasta el punto en el que debe terminar la preparación y obturación del canal, que debería terminar en la constricción apical <sup>26,27</sup>. Su determinación es uno de los pasos más importantes en el tratamiento del conducto radicular, permite minimizar la lesión periapical y el posible daño al germen dentario sucesor permanente, pues la instrumentación y el llenado excesivos de un diente temporal pueden dañar el germen del diente permanente; el llenado insuficiente, por otro lado, también es un factor de riesgo de la infección apical. Además, la desinfección microbiana adecuada, la limpieza y el modelado correcto y el sellado hermético del conducto radicular dependen de la determinación precisa de la longitud de trabajo <sup>6,25,28</sup>.

Existe una relación íntima entre la CDJ, la constricción apical y el foramen apical, pero con una alta variabilidad anatómica <sup>17</sup>. Como el foramen menor marca la transición entre el tejido pulpar y periodontal, en la práctica clínica este punto anatómico de referencia se suele ubicar entre 0,5 y 1 mm coronal al foramen mayor. Además, ha sido considerado como punto ideal para finalizar la instrumentación y el llenado del sistema del conducto radicular <sup>7,15</sup>. Por lo tanto, para lograr determinar la longitud de forma correcta, se suelen considerar dos medidas: la distancia desde el foramen apical hasta la constricción apical y la distancia desde el ápice hasta el foramen apical <sup>1,18,21</sup>.

Por ello, el clínico requiere suficientes conocimientos sobre la configuración anatómica apical, el manejo clínico del caso, incluyendo la desinfección, la conformación y la obturación del sistema de conductos radiculares. En conjunto, este conocimiento es clave para el éxito de los tratamiento endodónticos <sup>22,29,30</sup>.

En la práctica clínica, la radiografía ha sido el método de elección para la determinación de la longitud de trabajo, pero la evaluación radiográfica tiene limitaciones debido a variaciones anatómicas del sistema de conductos, interferencia de estructuras anatómicas adyacentes o errores técnicos en la proyección <sup>28</sup>. Dado que el foramen no suele coincidir con el ápice anatómico, puede estar situado lateralmente y a una distancia de hasta 3 mm de este, es difícil localizar el foramen y la constricción apical mediante un abordaje radiológico <sup>25,28</sup>.

Estudios previos indican que las radiografías clínicas y postexodoncia han sido ampliamente usadas en endodoncia, estas no son suficientemente precisas <sup>31</sup>. Están sujetas a distorsión, aumento, variabilidad de interpretación y falta de representación tridimensional, que dificulta localizar la constricción apical y el foramen apical, que a menudo se encuentra leve o marcadamente desplazado <sup>4-6,25,27</sup>. Las radiografías periapicales sólo se pueden utilizar para identificar el ápice radiográfico, que se correlaciona con el vértice apical más que con la constricción apical o el foramen apical, y a menudo conduce a una sobreestimación de la

longitud de trabajo <sup>27</sup>. Por lo tanto, la longitud de trabajo determinada a partir de radiografías se mide generalmente entre 0,5 y 1 mm por debajo del ápice radiográfico <sup>4,5,25</sup>.

En cambio, el microscopio asistido por computadora ha resultado ser más efectivo para realizar mediciones histológicas del foramen, el ápice, la constricción apical y la CDJ <sup>32,33</sup>. Por su parte, los localizadores de ápice electrónicos (EAL) modernos pueden determinar la posición del foramen dentro de 0,5 mm en más del 90% de los casos <sup>3,6,16,28,34</sup> y determinar con precisión la longitud de trabajo <sup>4,5,25</sup>. Suelen ser más precisos que las radiografías convencionales y digitales <sup>4,5,25</sup>. Sin embargo, estudios comparativos de la precisión de los localizadores de ápice electrónicos y las tomografías computarizadas han mostrado que las tomografías computarizadas pueden ser más precisas que los localizadores <sup>2,27,35</sup>.

La variabilidad anatómica y las controversias en cuanto a la precisión de las técnicas de localización y medición de los puntos anatómicos han generado la necesidad de mejorar la comprensión de la anatomía del canal radicular para realizar evaluaciones más precisas de los detalles anatómicos, como el punto final de preparación del conducto radicular diente en tratamiento <sup>23,36-38</sup>. Coherentemente, estudios previos han reportado que los resultados del tratamiento dependen de la precisión de los métodos e instrumentos de medición empleados <sup>23,36-38</sup>.

Los estudios de los distintos métodos empleados en estos tratamientos se remontan a mediados del siglo xx, cuando iniciaba la investigación de la morfología de la zona apical que representó un avance importante en el campo de la endodoncia <sup>23,38,39</sup>. Los primeros estudios se realizaron a través de la observación directa y de forma indirecta mediante radiografías y microscopios que permitió mejorar la capacidad óptica <sup>23,38-40</sup>. Así mismo, las mediciones se hacían con discos micrométricos, reglas milimetradas, que generaban resultados poco precisos, basados en aproximaciones óptica <sup>23,38-40</sup>. Aunque los métodos y las herramientas son similares, pues se siguen empleando radiografías y microscopios, en la actualidad las técnicas de medición tienen mayor precisión y exactitud gracias al uso de tecnologías <sup>10,11,41</sup>.

La localización del foramen mayor y el ápice anatómico y la relación de estos dos puntos se han estudiado en dientes extraídos y no extraídos, usando diferentes métodos, tales como estereomicroscopía <sup>18,42</sup>, diafanización de conductos radiculares <sup>18,43</sup>, microscopía electrónica de barrido <sup>14,18,41,44</sup>, tomografía computarizada <sup>2,26,27,35,45,46</sup>, radiografías convencionales <sup>19-21,23,36,37,40,47-49</sup>, radiografías digitales directas (Direct digital radiography, DDR) <sup>43</sup> y localizadores apicales <sup>2,3,35,4-6,16,25,27,28,34</sup>.

Asimismo, los estudios se han enfocado ampliamente en molares <sup>41,42</sup> y, en menor medida, en premolares <sup>18,43,50</sup>, debido a que los molares tienen una anatomía compleja, caracterizada por una multiplicidad de configuraciones de conductos. Además, en los molares se encuentran variaciones más pronunciadas con respecto a la distancia entre el foramen y el

ápice<sup>36</sup>. Los molares se definen como el segundo grupo de dientes posteriores, representados por 12 dientes en total, tres en cada cuadrante. Son los dientes de mayor volumen; son multirradiculares, tienen forma cuboidea, cuentan con cara oclusal a nivel coronal, constan de tres o cuatro cúspides y tienen la superficie masticatoria más amplia. Su función es 90% masticatoria y 10% estética. Los molares se encargan de triturar los alimentos en partículas pequeñas para ser digeridas<sup>51</sup>.

La estructura anatómica radicular de los molares difiere según la posición, superior o maxilar e inferior o mandibular. Los molares maxilares presentan por lo general tres raíces, dos vestibulares y una palatina; pero pueden tener variaciones considerables en el número de raíces, con un rango de uno a cinco. Estas están bien diferenciadas en el primer molar superior, a diferencia del segundo molar superior, en el que se encuentran más cerca una de la otra. Por su parte, los molares mandibulares también tienen una anatomía compleja, los primeros molares normalmente presentan dos raíces, una mesial y otra distal, que suelen presentar desviaciones del foramen apical hacia distal en cerca del 50% de los casos. Los segundos molares mandibulares son similares al primero. Tienen dos raíces localizadas mesiodistalmente y tres conductos radiculares. Por su parte, la posición del foramen apical es distal. Tanto el tercer molar superior como el inferior cuentan con una anatomía pulpar y radicular bastante diversa<sup>52</sup>.

Blaskovic et al.<sup>21</sup> consideran que las desviaciones del foramen ocurren principalmente en los molares mandibulares, con mayor frecuencia en los dientes posteriores. Además, tanto la mayor distancia media como la frecuencia aumentan en los dientes que forman parte del masticatorio central, entre los cuales se encuentran los primeros molares superiores.

Debido a las variaciones existentes reportadas en los estudios que han empleado diferentes técnicas en las últimas décadas, existe la necesidad de describir las técnicas, los equipos e instrumentos empleados, por un lado, para localizar el ápice anatómico y el foramen apical y, por otro, determinar la relación entre estos puntos anatómicos en molares maxilares y mandibulares. Esto podría contribuir con una mejor comprensión del sistema de conductos radicular a nivel apical, de su tratamiento endodóntico, para evitar daños en los tejidos periapicales y asegurar la desinfección idónea del conducto radicular.

Sin embargo, la revisión de estudios documentales previos sugiere que hay un vacío metodológico en el área, pues pese a haberse publicado numerosos estudios experimentales clínicos y preclínicos (*in vitro* y *ex vivo*) sobre la localización del ápice anatómico y el foramen apical y su relación en molares maxilares y mandibulares, se han publicado pocas revisiones sistemáticas, principalmente en inglés, entre estos los estudios recientes de Paterson et al.<sup>27</sup> y Ateie et al.<sup>8</sup>, que evaluaron la precisión de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) preoperatoria para localizar el foramen apical y establecer la longitud de trabajo.

Además, hasta la fecha no se ha reportado una revisión de alcance en español que sintetice los estudios clínicos y preclínicos disponibles sobre las técnicas empleadas para localizar, observar y medir del ápice anatómico y el foramen apical y establecer su relación entre estos puntos anatómicos en conductos radiculares de molares. Dado que los puntos anatómicos donde debe terminar la instrumentación y la obturación del conducto radicular, la constricción apical y la unión cemento-dentinal, no se pueden localizar mediante imágenes radiográficas convencionales, para su ubicación se debe tomar como referencia la localización del ápice anatómico y el foramen apical y la relación entre estos puntos anatómicos que sí pueden ser localizados por medios bidimensionales, tridimensionales y digitales. Por lo tanto, este estudio tiene como propósito resumir los estudios clínicos y preclínicos que han evaluado las técnicas para localizar el ápice anatómico y el foramen apical, determinar coincidencias o discrepancias entre estos puntos anatómicos e identificar la contricción apical en molares maxilares y mandibulares.

## **Métodos**

Se empleó el protocolo para el desarrollo de revisiones de alcance (Scoping reviews) de PRISMA-ScR<sup>33</sup> y el Joanna Briggs Institute<sup>34,35</sup> para seleccionar evaluar y sintetizar estudios clínicos y preclínicos sobre la relación entre el ápice anatómico y el foramen apical en molares maxilares y mandibulares, publicados en revistas científicas.

## **Estrategias de búsqueda**

La búsqueda electrónica de artículos y tesis se realizó en diferentes bases de datos y repositorios desde septiembre de 2019 hasta julio del 2021, tales como Google Scholar, Science Direct, Wiley Library Online, Trip Database, Medline (vía Pubmed) y SciELO. La búsqueda se realizó sin limitación de tiempo de publicación del estudio.

Para la búsqueda electrónica se usaron las combinaciones de los siguientes descriptores ápice anatómico, foramen apical, ápice radiográfico, molares y endodoncia, en español y; anatomic apex, apical foramen, radiographic apex, molars, endodontics, en inglés.

Adicionalmente, se hizo una búsqueda manual en la bibliografía de los documentos seleccionados para incorporar trabajos relacionados con el tema de investigación que no hubieran sido identificados en la búsqueda electrónica.

## **Criterios de selección**

Se seleccionaron estudios escritos en idioma inglés y español, publicados en revistas científicas y repositorios institucionales universitarios sin rango de tiempo específico. En cuanto a los tipos de estudio, se tomaron en cuenta estudios clínicos y preclínicos y revisiones sistemáticas de la literatura, que incluyeran la descripción de las técnicas empleadas para determinar la relación entre el foramen apical y el ápice anatómico y/o radiográfico.

Con el fin de asegurar la calidad metodológica de los documentos incluidos, se descartaron revisiones tradicionales de la literatura, cartas al editor, editoriales y otras publicaciones que no aporten evidencia científica de calidad.

### **Criterios para el análisis de la información**

Los artículos fueron revisados de manera general para categorizarlos en una hoja de cálculo de Excel considerando el año de publicación, país, idioma, fuente de información, diseño del estudio y el tipo de publicación. Seguidamente, los fueron examinados con más detalle para verificar que hubiera descrito las técnicas empleadas para determinar la relación entre el foramen apical y el ápice anatómico y/o radiográfico en molares. Finalmente, los estudios incluidos fueron leídos en profundidad para analizar los métodos empleados, los equipos y las técnicas de medición, las ventajas y desventajas de su utilización.

### **Resultados**

La búsqueda electrónica arrojó 16 255 artículos y tesis, los cuales estuvieron distribuidos de la siguiente manera:

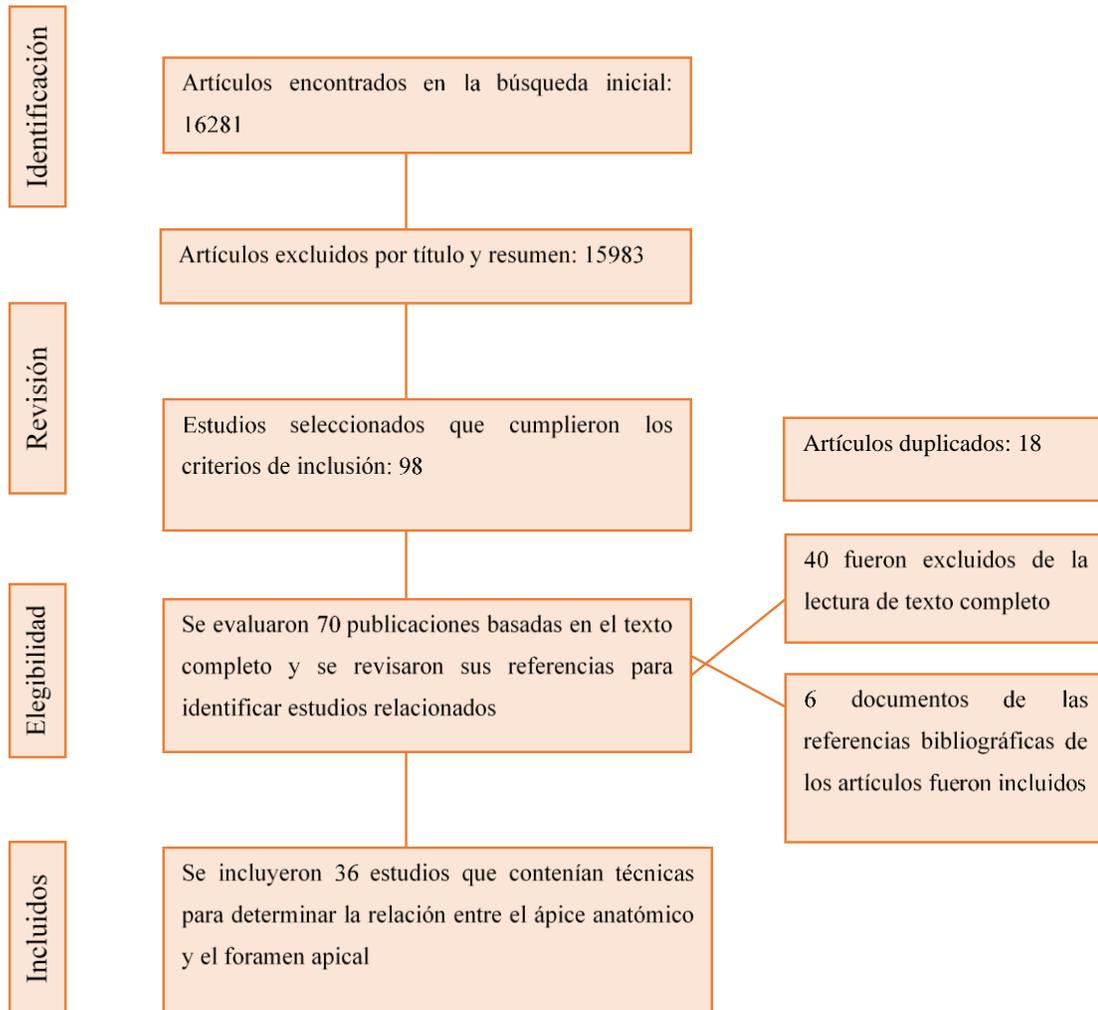
- En la búsqueda en español en Google Académico, se obtuvieron 2050 artículos; en inglés, 12 000 manuscritos.
- En Medline (vía PubMed) se encontró 446 artículos en inglés.
- En SciELO la búsqueda arrojó como resultado 204 artículos en español.
- En Science Direct, se encontraron 728 estudios en inglés.
- En Wiley Online Library, se hallaron 788 en inglés.
- En el buscador Trip Database, se localizaron 39 en inglés.
- A partir de la búsqueda manual en las referencias de los estudios incluidos, se identificaron 26 trabajos en inglés y español.

Posteriormente, se eliminaron duplicados, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión, se leyeron los resúmenes para seleccionar los artículos de mayor afinidad metodológica y conceptual con el estudio. Como resultado, se obtuvo 98 trabajos.

Seguidamente, los textos completos de los 98 documentos potenciales fueron examinados para considerar su inclusión en esta revisión sistemática. Luego de la revisión en profundidad de estos artículos, se seleccionaron 36 documentos, 30 provenientes de las fuentes de información electrónicas y seis obtenidos de las referencias de esos artículos. Predominan los artículos en inglés (89%). Solo cuatro artículos fueron escritos y publicados en español.

No se incluyeron tesis en la selección final de esta revisión de alcance. En el diagrama de flujo, se describe el proceso de búsqueda y selección de documentos (Figura 1).

Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de búsqueda y selección de documentos



Como se observa en la Tabla 1, predominan los estudios preclínicos (*in vitro* y *ex vivo*), representando el 92% de los artículos.

Tabla 1. Descripción de los artículos incluidos según el diseño de estudio

| Diseño de estudio      | fi | %   |
|------------------------|----|-----|
| Estudios preclínicos   | 33 | 92  |
| Estudios clínicos      | 2  | 6   |
| Estudios transversales | 1  | 3   |
| Total                  | 36 | 100 |

En la Tabla 2, se sintetizan los artículos incluidos, considerando autores, objetivo, diseño de investigación, muestra de estudio, técnicas de localización, observación y medición empleadas y resultados del estudio.

En cuanto a los objetivos de los estudios, hay dos tendencias. Por un lado, persiguen determinar el número, tamaño localización de forámenes, ápices y canales accesorios, y su relación, predominantemente *in vitro*. En segundo lugar, los estudios buscan describir de manera general la morfología del conducto haciendo énfasis en el ápice y el foramen. En tercer lugar, comparar la precisión de las técnicas para localizar, observar y medir forámenes, ápices y canales accesorios. Finalmente, algunos estudios intentan validar el uso de algunas técnicas.

El tamaño de la muestra también es variado. Para los estudios *in vitro* o *ex vivo*, va desde 10 a 926 dientes; de 24 pacientes (30 dientes) a 422 pacientes (1400 dientes) en los estudios clínicos.

La variabilidad se mantiene en el tipo de técnicas empleada para la localización, observación y medición de forámenes, ápices y canales accesorios. Sin embargo, en este caso, prevalece el uso de la lima, como único instrumento o usada de forma combinada, para la localización de forámenes, ápices y canales accesorios. Para la observación, predomina el uso combinado del microscopio y la radiografía, bien sea digital o convencional. Finalmente, al igual que en las anteriores, hubo un predominio del uso combinado de técnicas, instrumentos y equipos, principalmente localizadores de ápice y la observación directa con el apoyo de platinas calibradas, hojas milimetradas o el vernier.

Los resultados son consistentes en cuanto a que todas las técnicas logran identificar, observar y medir los forámenes, ápices y canales accesorios de manera exitosa, pero al compararlos, las técnicas que emplean instrumentos y equipos digitales son más precisas y efectivas.

Tabla 2. Estudios sobre relación entre ápice anatómico y foramen apical en molares

| Autores                          | Objetivo  | Diseño de investigación | Muestra     | Técnicas empleados para la |  |   | Resultados  |
|----------------------------------|---|-------------------------|-------------|----------------------------|--|---|---|
|                                  |   |                         |             | Localización               | Observación                              | Medición  |   |
| Green <sup>16</sup>              | Determinar el número de forámenes y canales accesorios concomitantes en 100 molares mandibulares utilizando un microscopio estereoscópico binocular   | Experimental in vitro   | 400 dientes | Limas                      | Microscopio Estereoscópico               | Dispositivo de medición de micrones en la lente | El uso del microscopio estereoscópico binocular fue exitoso para determinar el número de forámenes y canales accesorios concomitantes en molares mandibulares   |
| Green <sup>15</sup>              | Establecer con mayor precisión que hasta ahora la morfología del conducto en el ápice de la raíz, el foramen apical mayor y el foramen apical accesorio.  | Experimental in vitro   | 401 dientes | Limas                      | Microscopio Estereoscópico               | Dispositivo de medición de micrones en la lente | Se comprobó que el uso del microscopio estereoscópico binocular fue exitoso. Los forámenes accesorios promedio son aproximadamente la mitad del tamaño de los forámenes mayores y el doble de la distancia desde el ápice.  |
| Burch & Hulen <sup>10</sup>      | Determinar la frecuencia, dirección y distancia de desviación   | Experimental ex vivo    | 877 dientes | Método de contraste        | Microscopio Binocular Compuesto          | Platina Calibrada del Microscopio               | La dirección de desviación predominante dependía de la clase de diente examinado. La distancia media entre el ápice anatómico y el foramen mayor que se abre en aquellos dientes que presentan una desviación promedio aproximadamente 0,59 mm.   |
| Aviad Tamse et al. <sup>36</sup> | Del foramen mayor desde el ápice de la raíz anatómica   | Experimental ex vivo    | 100 dientes | Radiográfica y limas       | Radiográfico-Microscopio                 | Denar Vishay Analyser                           | Se encontró una alta frecuencia de interpretación del foramen apical como "corto del ápice" de las radiografías clínicas. El examen morfológico registró la verdadera ubicación del foramen. Estos hallazgos pueden explicarse por una mala interpretación del foramen apical en otros aspectos de la raíz.             |
| Tamse et al. <sup>37</sup>       | Comparar los datos radiográficos clínicos y las mediciones morfológicas radiográficas de los mismos dientes después de la extracción para determinar la distancia del foramen apical y las raíces distales de los molares mandibulares. | Experimental ex vivo    | 100 dientes | Radiográfica y limas       | Microscopio Estereoscópico               | Denar Vishay Analyser                           | La diferencia en la distancia del foramen apical entre la radiografía clínica y la radiografía después de la extracción mostró el efecto en la interpretación de las radiografías clínicas causado por las superposiciones de tejidos blandos y duros sobre el foramen apical y la posición de la raíz en la mandíbula. |
| Morfis et al. <sup>38</sup>      | Determinar el número y tamaño del foramen apical principal, su distancia desde el ápice anatómico y la existencia y tamaño de los forámenes accesorios  | Experimental ex vivo    | 121 dientes | Microscopio y limas        | Microscopio electrónico de barrido (MEB) | Medidor del MEB                                 | Todos los valores mostraron un ajuste satisfactorio a la distribución normal.   |
| Gutierrez y Aguayo <sup>22</sup> | Determinar el número de agujeros apicales, las distancias desde los forámenes hasta las puntas de los ápices y la ubicación de los agujeros en los ápices.  | Experimental ex vivo    | 140 dientes | Microscopio y limas        | MEB                                      | Medidor del MEB                                 | En la mayoría de los especímenes, los conductos radiculares se desviaron hacia un lado y terminaron cerca de los ápices. Algunos especímenes mostraron aberturas interradiculares; otros tenían configuraciones en la parte superior de los ápices que eran similares a la cresta de un casco                           |
| Asna et al. <sup>39</sup>        | Para validar dos métodos de radiografía (regla del objeto paralelo y bucal) para determinar la desviación del foramen apical del ápice anatómico.   | Experimental in vitro   | 68 dientes  | Radiográfica y limas       | Microscopio Estereoscópico               | No específico                                   | A pesar de que el foramen apical no se ajusta al ápice anatómico, la radiografía es un método útil y válido para determinar el foramen apical. Pero se recomienda usar otras técnicas más precisas, como los localizadores de ápice electrónicos.   |

| Autores                         | Objetivo  | Diseño de investigación | Muestra     | Técnicas empleados para la   |   |   | Resultados  |
|---------------------------------|---|-------------------------|-------------|--|---|---|---|
|                                 |   |                         |             | Localización   | Observación   | Medición  |   |
| Martos et al. <sup>6</sup>      | Determinar la distancia desde el ápice anatómico de la raíz hasta el foramen apical mayor y la posición del foramen mayor en el ápice radicular.                                | Experimental ex vivo    | 926 dientes | Microscopio Leitz Estereoscópico<br>Microscopio Electrónico de Barrido | Microscopio Leitz   | Dispositivo de medición del Microscopio                             | En esta muestra de dientes sin reabsorción apical, la distancia entre el foramen mayor y el ápice de la raíz anatómica fue siempre <1 mm. La desviación del foramen mayor desde el ápice anatómico varió ampliamente entre los grupos de dientes.   |
| Arora y Tewari <sup>40</sup>    | Determinar la posición y la forma de los agujeros apicales en dientes posteriores derivados de una población india.   | Experimental ex vivo    | 800 dientes | Método de Contraste. Limas   | Microscopio Estereoscópico  | Videotest-Size 5.0  | En la mayoría de los dientes, la diferencia entre el diámetro máximo y mínimo de todos los forámenes fue menor o igual a 0,25 mm. Es necesario usar instrumentos más grandes que la primera lima de encuadernación para dar forma al foramen apical menor de más del 95% de los dientes incluidos en este estudio para hacerlos redondos. |
| Freire et al. <sup>41</sup>     | Determinar la prevalencia del foramen apical principal que no coincide con el ápice de la raíz en los dientes permanentes humanos   | Experimental ex vivo    | 400 dientes | Limas  | Radiográfico con lupa   | No específico   | La prevalencia de los foramen apicales principales no coinciden con los foramen del ápice de la raíz. Por lo tanto, se hace necesario usar un método complementario para determinar la longitud de trabajo, ya que la radiografía por sí sola no es capaz de determinar la posición del foramen.  |
| Versiani et al. <sup>42</sup>   | Evaluar la distancia entre el foramen principal de los canales mesiales medios independientes (MMC) y el ápice de la raíz mesial anatómica de los primeros molares mandibulares | Experimental ex vivo    | 25 dientes  | Limas  | SkyScan 1172 con software Nrecon V.1.6.9 micro-tomografía computarizada | Software DataViewer v.1.4.4 software micro tomografía computarizada | La salida del foramen principal de los canales mesiales medios varía considerablemente y podría acercarse a una distancia sustancial del ápice anatómico mayor de lo que se informó anteriormente.  |
| Bernardes et al. <sup>43</sup>  | Comparar la precisión de 3 localizadores de ápice: Root ZX, Elements Diagnostic Unit y Apex Locator, y romiapex D-30.   | Experimental in vitro   | 40 dientes  | Limas y localizadores de ápice   | Microscopio   | Localizadores de ápice  | Los tres dispositivos pueden determinar con precisión la longitud del conducto radicular  |
| Cornejo <sup>19</sup>           | Analizar la morfología apical y la relación entre el foramen apical y el vértice radicular en raíces mesiales de primeros molares inferiores permanentes                        | Experimental in vitro   | 18 dientes  | Limas  | Radiografía   | No específico   | La anatomía apical que presentan las raíces de los primeros molares mandibulares presenta grandes variaciones complejas.  |
| Lalama <sup>18</sup>            | Determinar in vitro, número, dirección y distancia del foramen apical en relación al ápex anatómico de las raíces mesiales de los primeros molares mandibulares                 | Experimental in vitro   | 50 dientes  | Limas  | Estereomicroscopio con un aumento de 40X                                | Hoja milimetrada, Adobe Photoshop y Adobe illustrator               | El foramen apical en función del número, dirección y distancia incide sobre el ápex anatómico de las raíces mesiales de los primeros molares mandibulares   |
| Venturi y Breschi <sup>44</sup> | Comparar ex vivo el rendimiento del Apex Finder y los localizadores de ápice Root ZX, con y sin irrigante   | Experimental ex vivo    | 60 dientes  | Limas y localizadores de ápice   | Estereomicroscopio  | Localizadores de ápice  | Ambos localizadores de ápice proporcionaron mediciones precisas cuando la punta de la lima estaba en el foramen   |

| Autores                            | Objetivo  | Diseño de investigación | Muestra                     | Técnicas empleados para la             |  |  | Resultados  |
|------------------------------------|---|-------------------------|-----------------------------|--|--|--|---|
|                                    |   |                         |                             | Localización                           | Observación  | Medición   |   |
| Pagavino <sup>45</sup>             | Evaluar la precisión del Root ZX para localizar el foramen del conducto radicular.  | Experimental in vitro   | 29 dientes                  | Limas y localizadores de ápice         | Microscopio Electrónico de Barrido Estereomicroscopio      | Localizadores de ápice   | Se registró una precisión del 100% al nivel de tolerancia - + 0,5 mm en el grupo del foramen apical normal.   |
| Nelson-Filho et al. <sup>46</sup>  | Evaluar ex vivo la precisión del localizador de ápice electrónico multifrecuencia Ipex para la determinación de la longitud de trabajo en molares temporales.                               | Experimental ex vivo    | 20 dientes                  | Limas y localizadores de ápice         | Localizadores de ápice                                     | Localizadores de ápice, método directo   | El Ipex identificó con precisión el agujero apical o la ubicación de la abertura apical para medir la longitud de trabajo en los molares temporales   |
| Mancini et al. <sup>47</sup>       | Determinar la precisión de 3 localizadores de ápice electrónicos diferentes para detectar el foramen apical y la precisión de la radiografía digital para determinar la longitud de trabajo | Experimental ex vivo    | 80 dientes                  | Limas y localizadores de ápice         | Localizadores de ápice radiografía digital, método directo | Localizadores de ápice, radiografía digital, método directo                              | Los 3 localizadores probados fueron precisos en la detección del foramen apical en los bicúspides que en los molares y los dientes anteriores. Las mediciones radiográficas no fueron confiables para determinar la longitud de trabajo.  |
| Milanovic et al. <sup>48</sup>     | Comparar la precisión de tres localizadores de ápice electrónicos (EAL), Raypex 5, Apex NRG y propex II, en la localización del foramen apical  | Ensayo clínico          | 24 pacientes, 39 canales    | Limas y localizadores de ápice         | Localizadores de ápice Radigrafía digital, microscopio     | Radiográficas, microscópicas, Adobe fotoshop Localizadores de ápice                      | Hubo una correlación positiva entre las mediciones electrónicas y radiográficas al localizar el foramen apical  |
| Elayouti et al. <sup>49</sup>      | Para validar la existencia de la constricción apical y determinar su ubicación y dimensiones en los molares mediante un análisis sustancial de microtomografía computarizada                | Experimental ex vivo    | 90 dientes                  | Microtomografía computarizada          | Microtomografía computarizada                              | Microtomografía computarizada  | Se encontró que la constricción apical estaba ubicada en o cerca del foramen. La forma más común fue la forma paralela  |
| Estrela et al. <sup>50</sup>       | Determinar la posición del foramen apical en relación con las superficies radiculares de los dientes permanentes humanos  | Ensayo clínico          | 422 pacientes, 1400 dientes | Tomografía computarizada de haz cónico | Tomografía computarizada de haz cónico                     | Imágenes de tomografía computarizada de haz cónico y un software de análisis de imágenes | Las imágenes de CBCT analizadas en el software pueden usarse para determinar la verdadera posición anatómica de la foramen apical y pueden ser una herramienta útil para la planificación de tratamientos endodónticos quirúrgicos y no quirúrgicos.  |
| Olivera-Rojas et al. <sup>21</sup> | Evaluar la relación entre la posición del foramen apical y el ápice anatómico en piezas dentarias unirradiculares   | Experimental in vitro   | 71 dientes                  | Exploradores y limas                   | Observación directa  | Vernier electrónico  | El foramen apical se ubicó en mayor frecuencia a nivel vestibular y palatino/lingual. La coincidencia entre la posición del foramen apical y el vértice del ápice anatómico se encontró presente en un 45% de casos. La distancia promedio entre ambas estructuras anatómicas fue de $0,36 \pm 0,41$ mm; esta distancia es mayor a nivel de premolares superiores |
| Bernardes et al. <sup>43</sup>     | Comparar la precisión de 3 localizadores de ápice: Root ZX, Unidad de Diagnóstico de Elementos y Localizador de Apex, y Romi APEX D-30.   | Experimental ex vivo    | 40 dientes                  | Limas                                  | Microscopio  | Localizadores de ápice, Método directo   | Todos los dispositivos electrónicos pueden determinar con precisión la longitud del conducto radicular dentro de 1 mm desde la constricción apical.   |

| Autores                            | Objetivo  | Diseño de investigación | Muestra     | Técnicas empleados para la                  |  |  | Resultados   |
|------------------------------------|---|-------------------------|-------------|---|--|--|--|
|                                    |   |                         |             | Localización                                | Observación  | Medición   |  |
| Melius et al. <sup>51</sup>        | Determinar la distancia entre el capataz menor y el ápice anatómico a partir de radiografías digitales y convencionales   | Experimental ex vivo    | 30 dientes  | Limas                                       | Estereomicroscopio, radiografía convencional y digital         | Software de medición Schick CDR, una regla milimétrica calibrada                                   | Hubo una diferencia significativa entre las mediciones de las radiografías digitales y las de las radiografías convencionales, pero la diferencia no es clínicamente significativa.  |
| Spagnuolo et al. <sup>52</sup>     | Para determinar la distancia horizontal entre el orificio principal y el segundo canal mesiobucal, la distancia vertical entre los planos de estos orificios y la distancia entre el ápice anatómico y el foramen apical mayor. | Experimental ex vivo    | 22 dientes  | Micro tomografía computarizada              | Microtomografía computarizada                                  | Software de visualización 3D   | El análisis proporcionó características interesantes sobre la distancia horizontal y vertical entre el orificio principal y el segundo canal mesiobucal y sobre la distancia del foramen apical y el ápice anatómico   |
| Cordero <sup>4</sup>               | Describir la anatomía apical radicular en primeros premolares superiores extraídos, la coincidencia o no del foramen apical principal con el ápice anatómico y radiográfico   | Experimental ex vivo    | 61 dientes  | MEB, Limas                                  | Observación directa, el microscopio óptico, MEB y radiografías | Método directo, software de reproducción de imágenes   | Radiográficamente y por observación directa mayormente coincidió ápice con foramen; contrario a lo obtenido con MEB  |
| Ramos et al. <sup>29</sup>         | Determinar la relación entre la localización del foramen apical, el ápice anatómico y el ápice radiográfico en premolares maxilares   | Transversal             | 106 dientes | Limas, explorador de conducto               | Observación directa, el microscopio óptico y radiografías      | Microscopio óptico con la visualización del instrumento y una reglilla milimetrada, método directo | Existe relación entre la posición del ápice anatómico y el foramen apical, que debe ser tomado en cuenta por el odontólogo durante la determinación de la longitud de trabajo en dientes premolares maxilares  |
| D'Assunção et al. <sup>53</sup>    | Comparar la precisión de los localizadores electrónicos de ápice Root-ZX y Novapex para localizar el foramen apical.  | Experimental in vitro   | 40 dientes  | Limas y localizadores de ápice              | Observación directa, localizadores de ápice                    | Localizadores electrónicos de ápice Root-ZX y Novapex  | Los resultados de este estudio indican que Root-ZX y Novapex son dispositivos útiles y precisos para la localización del foramen apical.   |
| Vier-Pelisser et al. <sup>24</sup> | Analizar la anatomía del sistema de conductos radiculares de los premolares superiores con tres raíces distintas  | Experimental ex vivo    | 10 dientes  | Tomografía computarizada de alta resolución | Tomografía computarizada de alta resolución                    | Tomografía computarizada de alta resolución. Método directo  | Las características de la anatomía interna de la cavidad pulpar de los premolares superiores de tres raíces se identificaron con el uso de la tomografía computarizada de alta resolución. Los resultados revelaron la heterogeneidad de los premolares superiores de tres raíces. |
| Wrbas et al. <sup>54</sup>         | Comparar la precisión de dos localizadores de ápice electrónicos en los mismos dientes in vivo  | Experimental in vivo    | 20 dientes  | Limas y localizadores de ápice              | Observación directa, localizadores de ápice                    | Localizadores electrónicos de ápice  | El uso de localizadores de ápice electrónicos es un método confiable para determinar la longitud de trabajo. Las diferencias entre los localizadores de ápice electrónicos no fueron estadísticamente significativas   |

| Autores                       | Objetivo   | Diseño de investigación | Muestra     | Técnicas empleados para la     |  |   | Resultados  |
|-------------------------------|--|-------------------------|-------------|--------------------------------|--|---|---|
|                               |  |                         |             | Localización                   | Observación  | Medición  |   |
| Stöber et al. <sup>55</sup>   | Comparar la precisión in vivo de 2 localizadores de ápice electrónicos   | Experimental in vivo    | 21 dientes  | Limas y localizadores de ápice | Observación directa, localizadores de ápice              | Localizadores electrónicos de ápice   | No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la precisión del localizador de ápice Raypex 5 y el Mini Apex Locator.   |
| Cianconi et al. <sup>56</sup> | Comparó la precisión de tres localizadores de ápice electrónicos diferentes para detectar el foramen apical, la precisión de la radiografía digital y los localizadores de ápice electrónicos para determinar la longitud de trabajo y la precisión de las limas K n. ° 10, n. ° 15 y n. ° 20 en mediciones electrónicas | Experimental ex vivo    | 101 dientes | Limas y localizadores de ápice | Radiografía digital, microscopio, localizadores de ápice | Localizadores electrónicos de ápice, radiografías digitales, videografía de radio | Endex y Propex II fueron más precisos que Root ZX para determinar la longitud de trabajo real. Los tamaños de las limas manuales no afectaron la precisión de los localizadores electrónicos de ápice, los cuales fueron más precisos para determinar la longitud de trabajo que la videografía de radio. |

## Discusión

El objetivo de este estudio fue explorar las técnicas empleadas para determinar la relación entre el ápice anatómico y el foramen apical en molares maxilares y mandibulares. Con tal propósito, se realizó una revisión de alcance en bases de datos electrónicas internacionales para seleccionar, evaluar y sintetizar estudios clínicos y preclínicos que hayan evaluado las técnicas de localización, observación y medición de la relación entre el ápice anatómico y el foramen apical en molares maxilares y mandibulares.

Los resultados indican que desde mediados del siglo pasado se han utilizado exitosamente diferentes técnicas, instrumentos y equipos para localizar, observar y medir la relación entre el ápice anatómico y el foramen apical en molares maxilares y mandibulares. Sin embargo, los métodos digitales, como los localizadores electrónicos de ápices, la TAC, el MEB o la radiografía digital son más confiables y proporcionan mayor nivel de precisión de localización, observación y medición que los métodos convencionales.

En cuanto a las técnicas de localización, los estudios sugieren la existencia de varios procedimientos para poder localizar el foramen apical del diente observado, lo cual es necesario para posteriormente realizar la medición de la distancia entre el foramen y el ápice anatómico.

Independientemente de la fecha de publicación en la que se haya realizado el estudio, la lima es el instrumento más utilizado (72% de los estudios), bien sea como único método (42%) o de forma combinada (30%) con la radiografía convencional<sup>36,37,39</sup>, el microscopio convencional<sup>4,22,38</sup>, el MEB<sup>4</sup>, el método de contraste<sup>40</sup>, la TAC<sup>24,49,50,52</sup>, o localizadores de ápice<sup>44-48,53-56</sup>. Se emplearon limas de distintos tamaños, incluyendo #1 K-file, 10, 15 y 20<sup>15,16,36,37,39,41</sup>.

En segundo lugar, se emplearon diferentes tipos de tomografía computarizada<sup>24,49,50,52</sup> y el método de contraste empleando tinta roja<sup>40</sup>, y azul<sup>6,10</sup> (14% cada uno).

Por otro lado, se encontraron tres estudios en los que se emplearon el microscopio o el escáner como técnicas de localización del foramen directamente<sup>22,38,42</sup>.

Por otro lado, en cuanto a las técnicas de observación, también se empleó de forma exitosa un amplio rango de técnicas, que incluye observación directa en radiografías<sup>41</sup>, microscopios<sup>6,10,15,16,22,37-40</sup> y softwares de reconstrucción tridimensional<sup>42</sup>.

Predomina el uso combinado de estas técnicas, predominantemente el microscopio y la radiografía. La técnica para realizar la observación usada con mayor frecuencia fue el microscopio estereoscópico, el cual fue empleado en 16 de los artículos reportados<sup>15,16,37,39,40</sup> y el MEB (n = 10).

En segundo lugar, se reportó el uso de radiografías convencional (n = 11) con el apoyo de la lupa para magnificar el tamaño de la imagen<sup>41</sup> y la radiografía digital<sup>47,48,51,56</sup>. En tercer lugar, se encuentra el uso de los microscopios, entre estos el MEB<sup>22,38</sup>,

microscopios Leitz<sup>6</sup> y binoculares compuestos<sup>10</sup>. Además otro estudio reportó el uso del SkyScan 1172 con software Nrecon V.1.6.9 (Bruker-microCT)<sup>42</sup>. Finalmente, también se empleó la TAC<sup>24,49,50,52</sup> y localizadores de ápice<sup>53-56</sup> (11% cada uno).

En tercer lugar, al considerar las técnicas de medición, según los estudios incluidos en este trabajo, se emplearon diferentes técnicas para medir las distancias. Entre las técnicas reportadas se observó el empleo de platinas calibradas, softwares especializados, medidores incorporados en los microscopios y videoanalizadores externos. La precisión de las mediciones de los equipos e instrumentos también es variada.

Predomina el uso combinado de técnicas, instrumentos y equipos. Entre estos, los localizadores de ápice fueron usados en 28% de los artículos<sup>43-47,53-56</sup>. En segundo lugar, la observación directa se usó en 17% de los artículos con el apoyo de platinas calibradas, hojas milimetradas o el vernier<sup>4,21,24,29,43,51</sup>.

Por otra parte, es necesario resaltar que no todos los artículos reportaron la técnica de medición empleada. En algunos estudios no realizaron una medición formal de la distancia entre el ápice y el foramen. En cambio, estos casos estudiaron la relación existente entre estos dos puntos de forma dicotómica<sup>15,16,39,41</sup>.

## Conclusiones

Aunque se usó con más frecuencia la lima para la localización del ápice anatómico y el foramen apical, el microscopio estereoscópico como técnica de observación y el localizador del ápice como técnica de medición de la distancia entre el ápice anatómico y el foramen apical, predomina el uso combinado de técnicas, instrumentos y equipos, con lo cual se procura obtener mayor precisión en las medidas.

Las diferentes técnicas, instrumentos y equipos evaluados de manera individual o usados de manera combinada resultaron exitosos para localizar, observar y medir la relación entre el ápice anatómico y el foramen apical en molares maxilares y mandibulares. Sin embargo, se recomienda emplear métodos digitales, como los localizadores electrónicos de ápices, la TAC, el MEB o la radiografía digital, pues estos pueden aumentar el nivel de precisión de localización, observación y medición.

## Referencias

1. Alothmani O, Chandler N, Friedlander L. The anatomy of the root apex: A review and clinical considerations in endodontics. *Saudi Endod J.* 2019;3(1):1-9.
2. Hilú RE, Calcagno J, Aldrey C, Carregal M. Localización de la desembocadura del foramen apical en caninos superiores. *Rev Asoc Odontol Argent.* 2018;106(3):86-92.
3. Somalinga N, Raghu S, Natanasabapathy V. Root canal morphology of permanent maxillary and mandibular canines in Indian population using cone beam computed tomography. *Anat Res Int.* 2014;2014:1-7.

4. Cordero L. Anatomía apical y coincidencia entre ápice anatómico y foramen apical en primeros premolares superiores extraídos. Universidad de Carabobo; 2008.
5. Farhad A, Mousavi SA, Shahnasari S, Iranmanesh P, Kafashi J. Evaluation and Comparison of the Position of the Apical Constriction in Single-root and Multiple-root Teeth. *J Mashhad Dent Sch.* 2017;41(4):331–8.
6. Martos J, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Castro LAS. Topographical evaluation of the major apical foramen in permanent human teeth. *Int Endod J.* 2009;42(4):329–34.
7. Blaskovic S, Maricic B, Sutalo J. Asymmetry of the root canal foramen. *Int Endod J.* 1992;25(3):158–64.
8. Çalışkan M, Pehlivan Y, Sepetçioğlu F, Türkün M, Tuncer SŞ. Root canal morphology of human permanent teeth in a Turkish population. *J Endod.* 1995;21(4):200–4.
9. Hassanien EE, Hashem A, Chalfin H. Histomorphometric Study of the Root Apex of Mandibular Premolar Teeth: An Attempt to Correlate Working Length Measured with Electronic and Radiograph Methods to Various Anatomic Positions in the Apical Portion of the Canal. *J Endod.* 2008;34(4):408–12.
10. Burch JG, Hulen S. The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1972;34(2):262–8.
11. Aguadé EB. Reflexiones clínicas de la terapéutica endodóntica a partir de un estudio sobre la morfología apical. *Endodoncia (Mex).* 1991;9(1):15–25.
12. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *J Am Dent Assoc.* 1955;50(5):544–52.
13. Briseño Marroquín B, El-Sayed MAA, Willershausen-Zönnchen B. Morphology of the physiological foramen: I. Maxillary and mandibular molars. *J Endod.* 2004;30(5):321–8.
14. Dummer P, McGin J, Rees D. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J.* 1984;17(4):192–8.
15. Green D. Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1960;13(6):728–33.
16. Green D. A stereo-binocular microscopic study of the root apices and surrounding areas of 100 mandibular molars. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology.* 1955;1298–304.

17. Chapman C. A Microscopic Study of the Apical Region of Human Anterior Teeth. *Int Endod J*. 1969;3(4):52–8.
18. Lalama A. Determinación del número, dirección y distancia del foramen apical en relación al ápex anatómico de las raíces mesiales de los primeros molares mandibulares, estudio in vitro. Universidad Central del Ecuador; 2020.
19. Cornejo D. Estudio de la localización del foramen apical, en relación con el vértice radicular en raíces mesiales de primeros molares inferiores. Universidad de guayaquil; 2015.
20. Ramos J, Gómez I, Ortiz V. Relación entre el foramen apical, el ápice anatómico y radiográfico en dientes premolares maxilares. Universidad de Cartagena; 2012.
21. Olivera-Rojas P, Lugo-Huertas W, Pumahualcca-García G, Lara-Verástegui R, Quispe-Romero P, Castro Rodríguez Y. Estudio in vitro de la relación entre el foramen apical y ápice anatómico. *Odontol Sanmarquina*. 2017;20(2):53.
22. Gutierrez G. JH, Aguayo P. Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 1995;79(6):769–77.
23. Moidu NP, Sharma S, Kumar V, Chawla A, Logani A. Association between the Mesiobuccal Canal Configuration, Interorifice Distance, and the Corresponding Root Length of Permanent Maxillary First Molar Tooth: A Cone-beam Computed Tomographic Study. *J Endod* [Internet]. 2021;47(1):39–43. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.08.025>
24. Vier-Pelisser F V., Dummer PMH, Bryant S, Marca C, Só MVR, Figueiredo JAP. The anatomy of the root canal system of three-rooted maxillary premolars analysed using high-resolution computed tomography. *Int Endod J*. 2010;43(12):1122–31.
25. Paterson A, Franco V, Patel S, Foschi F. Use of preoperative cone-beam computed tomography to aid in establishment of endodontic working length: A systematic review and meta-analysis. *Imaging Sci Dent*. 2020;50(3):183–92.
26. Hedrick RT, Brent Dove S, Peters DD, McDavid WD. Radiographic determination of canal length: Direct digital radiography versus conventional radiography. *J Endod*. 1994;20(7):320–6.
27. Mizutani T, Ohno N, Nakamura H. Anatomical study of the root apex in the maxillary anterior teeth. *J Endod*. 1992;18(7):344–7.
28. Kerekes K, Tronstad L. Morphometric observations on root canals of human anterior teeth. *J Endod*. 1977;3(1):24–9.
29. Ramos J, Gómez I, Ortiz V, Diaz A. Relación entre foramen apical, ápice anatómico y ápice radiográfico en premolares maxilares Relationship between apical  
González K y Lobo K. Técnicas para determinar la localización y la relación del ápice anatómico y el foramen apical en molares: una revisión de alcance. *Rev Venez Invest Odont IADR*. 2022;10(1): 46-67.

foramen , anatomic apex and radiographic apex in maxillary premolars. *Rev Cubana Estomatol.* 2015;52(1):11–20.

30. Riojas Garza MT. *Anatomía dental.* 3ra Edición. México: McGraw-Hill Interamericana; 2014. 210.

31. Cardona Castro J, Fernández R. *Anatomía radicular, una mirada desde la microcirugía endodóntica: Revisión.* *Rev CES Odontol.* 2015;28(2):5.

32. Ataie A, Kheradyar A, Mostafapoor M, Jalali M. Assess the accuracy of cone-beam computed tomography in locating the apical foramen and establishing the working length: A systematic review and met-analysis. *EurAsian J Biosci.* 2020;6594:6589–94.

33. Tricco A, Lillie E, Zarin W, O'Brien K, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Ann Intern Med* [Internet]. 2018 Oct 2 [cited 2021 May 5];169(7):467–73. Available from: <https://www.acpjournals.org/doi/abs/10.7326/M18-0850>

34. Peters M, Marnie C, Tricco AC, Pollock D, Munn Z, Alexander L, et al. Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JBMI Evid Synth.* 2020;18(10):2119–26.

35. Peters M, Godfrey C, McInerney P, Soares C, Khalil H, Parker D. *The Joanna Briggs Institute Reviewers' Manual 2015: Methodology for JBI Scoping Reviews.* The Joanna Briggs Institute; 2015 Jan.

36. Tamse A, Littner M, Kaffe I, Moskona D, Gavish A. Morphological and radiographic study of the apical foramen in distal roots of mandibular molars. Part I. The location of the apical foramen on various root aspects. *Int Endod J.* 1988;21(2):205–7.

37. Tamse A, Kaffe I, Littner M, Moskona D, Gavish A. Morphological and radiographic study of the apical foramen in distal roots of mandibular molars. Part II. The distance between the foramen and the root end. *Int Endod J.* 1988;21(3):211–7.

38. Morfis A, Sylaras SN, Georgopoulou M, Kernani M, Prountzos F. Study of the apices of human permanent teeth with the use of a scanning electron microscope. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1994;77(2):172–6.

39. Asna A, Nouri M, Seraji F, Mozayeni M. Evaluation of apical form en situation by anatomic apex and diagnostic value of radiography on determination of its location (a stereo microscopic study). *J Dent Sch Shahid Beheshti Univ Med Sci.* 2004;22(3):361–8.

40. Arora S, Tewari S. The morphology of the apical foramen in posterior teeth in a North Indian population. *Int Endod J.* 2009;42(10):930–9.

González K y Lobo K. Técnicas para determinar la localización y la relación del ápice anatómico y el foramen apical en molares: una revisión de alcance. *Rev Venez Invest Odont IADR.* 2022;10(1): 46-67.

41. Freire L, Sa S, Maniglia C, De Almeida F, De Sousa B. Prevalence of major apical foramen mismatching the root apex in root canals of human permanent teeth. *RSBO*. 2017;13(3):188–93.
42. Versiani MA, Ahmed HMA, de Sousa-Neto MD, De-Deus G, Dummer PMH. Unusual deviation of the main foramen from the root apex. *Braz Dent J*. 2016;27(5):589–91.
43. Bernardes RA, Duarte MAH, Vasconcelos BC, Moraes IG, Bernardineli N, Garcia RB, et al. Evaluation of precision of length determination with 3 electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, and RomiAPEX D-30. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2007;104(4).
44. Venturi M, Breschi L. A comparison between two electric apex locators: An ex vivo investigation. *Int Endod J*. 2007;40(5):362–73.
45. Pagavino G. A SEM study of in vivo accuracy of the root ZX electronic apex locator. *J Endod*. 1998;24(6):438–41.
46. Nelson-Filho P, Romualdo PC, Bonifácio KC, Leonardo MR, Silva RAB, Silva LAB. Accuracy of the iPex multi-frequency electronic apex locator in primary molars: An ex vivo study. *Int Endod J*. 2011;44(4):303–6.
47. Mancini M, Felici R, Conte G, Costantini M, Cianconi L. Accuracy of three electronic apex locators in anterior and posterior teeth: An ex vivo study. *J Endod* [Internet]. 2011;37(5):684–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.02.011>
48. Milanovic I, Ivanovic V, Vujaskovic M, Ignjatovic S, Miletic V. Accuracy of three electronic apex locators in determining the apical foramen in multi-rooted teeth: Randomised clinical and laboratory study. *Aust Endod J*. 2015;41(1):35–43.
49. Elayouti A, Hülber-J M, Judenhofer MS, Connert T, Mannheim JG, Löst C, et al. Apical constriction: Location and dimensions in molars - A micro-computed tomography study. *J Endod*. 2014;40(8):1095–9.
50. Estrela C, Couto GS, Bueno MR, Bueno KG, Estrela LRA, Porto OCL, et al. Apical Foramen Position in Relation to Proximal Root Surfaces of Human Permanent Teeth Determined by Using a New Cone-beam Computed Tomographic Software. *J Endod*. 2018;44(11):1741–8.
51. Melius B, Jiang J, Zhu Q. Measurement of the distance between the minor foramen and the anatomic apex by digital and conventional radiography. *J Endod*. 2002;28(2):125–6.

52. Spagnuolo G, Ametrano G, D'Antò V, Formisano A, Simeone M, Riccitiello F, et al. Microcomputed Tomography Analysis of Mesiobuccal Orifices and Major Apical Foramen in First Maxillary Molars. *Open Dent J.* 2012;6(1):118–25.
53. D'Assunção FLC, de Albuquerque DS, de Queiroz Ferreira LC. The Ability of Two Apex Locators to Locate the Apical Foramen: An In Vitro Study. *J Endod.* 2006;32(6):560–2.
54. Wrbas KT, Ziegler AA, Altenburger MJ, Schirrmeister JF. In vivo comparison of working length determination with two electronic apex locators. *Int Endod J.* 2007;40(2):133–8.
55. 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.* 2011;37(10):1349–52.
56. Cianconi L, Angotti V, Felici R, Conte G, Mancini M. Accuracy of three electronic apex locators compared with digital radiography: An ex vivo study. *J Endod* [Internet]. 2010;36(12):2003–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2010.08.036>