

# Características anatómicas del foramen apical mayor de primeros molares maxilares en una subpoblación peruana: Un estudio ex vivo

Abel Teves,<sup>1,2\*</sup> Mariza Anyosa,<sup>3</sup> Isabel Montes,<sup>3</sup> Murilo Priori Alcalde,<sup>1</sup> Marco Antonio Hungaro Duarte,<sup>1</sup> Christian Nole<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Odontología Restauradora, Endodoncia y Materiales Dentales, Facultad de Odontología de Bauru, Universidade de São Paulo (USP). Bauru, São Paulo, SP, Brasil

<sup>2</sup> Universidad Norbert Wiener, Lima, Perú

<sup>3</sup> Práctica privada en Odontología, Lima, Perú

<sup>4</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

## RESUMEN

**Introducción:** El análisis de las características del foramen apical mayor (FAM) es fundamental para la interpretación clínica de la longitud de trabajo. Este estudio evaluó las características anatómicas del FAM en primeros molares maxilares mediante microscopía óptica e histología. **Metodología:** La muestra estuvo compuesta por 32 primeros molares maxilares extraídos de pacientes de Ica, Perú. Se utilizó un estereomicroscopio para analizar la ubicación (central, mesial, distal, vestibular y palatina), forma (redonda, ovalada y amorfa) e cortes histológicos de las raíces previamente inyectadas con tinta china para medir la distancia del FAM respecto al ápice anatómico. Los datos cuantitativos se resumieron con medidas de tendencia central (media/mediana) y dispersión (desviación estándar/rango intercuartil). Se aplicó la prueba de chi cuadrado para comparar proporciones de ubicaciones y formas del FAM según el tipo de raíz, y la prueba de Kruskal-Wallis para las medianas de distancia al ápice anatómico. **Resultados:** La ubicación más frecuente del FAM fue distal para la raíz mesio-vestibular (34.4%), vestibular para la raíz disto-vestibular (37.5%) y distal para la raíz palatina (31.3%). Las formas más comunes fueron redonda y ovalada para la raíz mesio-vestibular (34.4%) y redonda para las raíces disto-vestibular (56.3%) y palatina (43.8%). No se encontraron diferencias significativas en la ubicación, forma o distancia del FAM al ápice anatómico en relación con el tipo de raíz ( $p > 0.05$ ). **Conclusiones:** Aunque se observaron variaciones en las características del FAM, no se encontraron diferencias significativas, sugiriendo homogeneidad en la muestra estudiada.

**Palabras clave:** anatomía, ápice del diente, diente molar, foramen apical, primer molar maxilar, raíz del diente.

## ABSTRACT

**Introduction:** The analysis of the anatomical characteristics of the major apical foramen (FAM) is essential for the clinical interpretation of working length. This study evaluated the anatomical features of the FAM in maxillary first molars using optical microscopy and histology. **Methodology:** The sample consisted of 32 extracted maxillary first molars from patients in Ica, Peru. A stereomicroscope was utilized to analyze the location (central, mesial, distal, vestibular, and palatal), shape (round, oval, and amorphous), and distance of the FAM from the anatomical apex. Quantitative data were summarized using measures of central tendency (mean/median) and dispersion (standard deviation/interquartile range). Chi-square tests were applied to compare the proportions of FAM locations and shapes according to root type, and the Kruskal-Wallis test was used for the medians of the distance to the anatomical apex. **Results:** The most frequent location of the FAM was distal for the mesio-buccal root (34.4%), vestibular

**\*Correspondencia:** Abel Teves

Dirección Postal: Departamento de Odontología Restauradora, Endodoncia y Materiales Dentales, Facultad de Odontología de Bauru, Universidade de São Paulo (USP). Bauru, São Paulo, SP, Brasil  
Alameda Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 18-45 - Jardim Brasil, Bauru - SP, 17012-191, Brasil  
Contacto: abel.teves@usp.br

## ORCID:

Abel Teves: <https://orcid.org/0000-0002-7118-4359>  
Christian Nole: <https://orcid.org/0000-0003-3791-2209>  
Murilo Priori Alcalde: <https://orcid.org/0000-0001-8735-065X>  
Marco Antonio Hungaro Duarte: <https://orcid.org/0000-0003-3051-737X>

for the disto-buccal root (37.5%), and distal for the palatal root (31.3%). The most common shapes observed were round and oval for the mesio-buccal root (34.4%), and round for the disto-buccal (56.3%) and palatal (43.8%) roots. No statistically significant differences were found regarding the location, shape, or distance of the FAM from the anatomical apex in relation to root type ( $p > 0.05$ ). **Conclusions:** Although variations in the characteristics of the FAM were observed, no significant differences were found, suggesting homogeneity of these characteristics within the studied sample.

**Keywords:** anatomy, apical foramen, first maxillary molar, molar, tooth apex, tooth root.

## INTRODUCCIÓN

El primer molar maxilar es una de las piezas dentarias más importantes en el arco dentario debido al gran volumen de su tabla oclusal, lo cual permite una función masticatoria adecuada (1,2). Cuando este diente se ve afectado por caries u otra patología que comprometa su vitalidad, resulta de suma importancia mantenerlo en la arcada mediante un tratamiento de conductos, dada su gran relevancia funcional (3). Es crucial conocer los aspectos morfológicos internos y evaluar el ápice anatómico de esta pieza dentaria, ya que esta zona presenta una morfología compleja y variable. Ignorar estos aspectos podría llevar al fracaso del tratamiento endodóntico (4-7).

Xiang et al. (8) encontraron que las razas, sexo y edad influyen en la variabilidad de la anatomía radicular; sin embargo, es necesario identificar la anatomía del conducto radicular en diferentes poblaciones étnicas para asegurar el éxito del tratamiento endodóntico. Verma et al. (9) concluyeron que la morfología del primer molar maxilar es compleja y el conocimiento preciso de la morfología del canal y sus variaciones comunes se consideran un requisito esencial para lograr el éxito en el tratamiento endodóntico.

El ápice anatómico, tanto en el proceso de formación embriológica como durante la vida útil de la pieza dentaria en la cavidad bucal, presenta variaciones y modificaciones debido a diversas circunstancias fisiológicas y patológicas. Estas variaciones pueden afectar su forma, su ubicación con respecto al ápice anatómico, y la distancia de la salida del foramen respecto al ápice (10).

Martos et al. (11) estudiaron la ubicación y la distancia del foramen apical mayor, encontrando resultados variables para cada raíz. Arora & Tewari (12), al describir la forma del foramen, hallaron también resultados similares, demostrando así la variabilidad del foramen apical mayor. Swathika et al. (13) encontraron que la

desviación del foramen apical mayor con respecto del ápice era de 68.2 % en los especímenes.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar las características anatómicas del foramen apical mayor en primeros molares superiores en una subpoblación peruana. Se plantearon las siguientes hipótesis nulas: (I) no existe diferencia en la forma del foramen apical mayor en primeros molares superiores según el tipo de raíz; (II) no existe diferencia en la ubicación del foramen apical mayor en primeros molares superiores según el tipo de raíz; (III) no existe diferencia en la distancia entre el foramen apical mayor y el ápice en primeros molares superiores según el tipo de raíz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó con un diseño de corte transversal. Asimismo, se ejecutó previa aprobación por la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. Se utilizaron 32 primeros molares maxilares extraídos por razones ajenas al estudio, provenientes de la clínica odontológica de la universidad y de consultorios odontológicos locales en la ciudad de Ica, Perú. Los criterios de inclusión para las muestras fueron: primeros molares maxilares con formación radicular completa. Se excluyeron las muestras que presentaban reabsorción radicular, caries radicular, tratamiento de conducto previo o fracturas radiculares. Se utilizó un muestreo de tipo no probabilístico consecutivo.

### Procesamiento de los dientes

El proceso de limpieza externa consistió en eliminar todos los restos orgánicos e inorgánicos de la superficie radicular, tras lo cual se procedió a esterilizar las piezas dentarias en autoclave a 121°C durante 24 minutos. Luego, se almacenaron en agua destilada en tubos Eppendorf. Se realizó la apertura cameral convencional con fresas redondas y de fisura (801-850, Dentsply Maillefer, Baillagues, Suiza) y, utilizando hipoclorito de sodio al 5%. Se eliminó todo el tejido pulpar y necrótico cameral. Se procedió a permeabilizar los conductos radiculares con limas tipo K #6 y #8 (Dentsply Maillefer) y abundante irrigación con hipoclorito de sodio al 5% utilizando jeringas hipodérmicas con agujas cortas de calibre 30G (Nipro, Osaka, Japón). En los especímenes que no se pudieron permeabilizar, se siguió el protocolo de ampliación del tercio cervical y medio con fresas Gates Glidden #1, #2, y #3 (Dentsply Maillefer) y micromotor con contrángulo (NSK, Tochigi, Japón). Finalmente, todas las muestras fueron codificadas.

### Ubicación y forma del foramen apical mayor (FAM)

Para la evaluación de la ubicación y la forma de cada muestra, esta fue montada en una base de cera rosa (Cavex Holland BV, Países Bajos), asegurando que el

FAM estuviera alineado de manera paralela al objetivo del microscopio estereoscópico (Kyrowa, Japón). Las observaciones se realizaron con aumentos de 4x y 15x. Se analizaron las siguientes características anatómicas del FAM: ubicación (central, mesial, distal, vestibular o palatina), forma (redonda, ovalada o amorfa) y la distancia entre el FAM y el ápice anatómico. Las imágenes fueron digitalizadas utilizando una cámara PowerShot Elph 110 de 16 megapíxeles (Canon, Japón).

### Distancia del FAM al ápice

Para la evaluación de la distancia del ápice al FAM, los ápices se protegieron con esmalte de uñas y se procedió a inyectar tinta china en los conductos de las raíces palatina, mesio-vestibular y disto-vestibular. Se separaron las raíces cortándolas con un disco de carborundum, obteniendo 96 raíces. Como medida de seguridad, se introdujo una lima #6 y/o #8 (Dentsply Maillefer) en los conductos. Los especímenes se colocaron en cubos de plástico previamente preparados, asegurando que el diámetro mayor del FAM quedara paralelo a la superficie de apoyo de la raíz. Luego, se procedió a la acrilización utilizando resina acrílica (Politek S-258 - Tekno). Tras la polimerización, se realizaron los cortes histológicos de las raíces empleando piedras montadas rosadas activadas mediante un fresador Dremel 300 (Dremel, Racine, WI, EE. UU.).

Se realizaron cortes histológicos hasta observar la lima o la parte teñida del conducto. Al llegar a la zona de interés, se utilizó lijar de agua de 3 ceros (000) (Würth, Künzelsau, Alemania). Para evitar el desgaste incorrecto del conducto, se empleó un bisturí #11 para eliminar pequeños techos o defectos en el conducto. Una vez completada la preparación, se digitalizaron los especímenes junto con una regla milimetrada como escala de referencia para las mediciones. Los especímenes fueron escaneados (HP Scanjet 3570c, HP, Miami, FL, EE. UU.), y las imágenes digitalizadas se pasaron al programa Adobe Photoshop CS3 (Adobe Inc, San José, CA, EE. UU.), donde se trazaron y convirtieron a escala de grises. Posteriormente, se realizaron las mediciones en el programa Image Tool 3.0 (University of Texas Health Science Center (UTHSCSA), San Antonio, TX, EE. UU.), midiendo la distancia del ápice al FAM. Todas estas medidas se calibraron al milímetro usando la imagen digitalizada de la regla milimetrada mencionada anteriormente.

### Análisis estadístico

Las variables cualitativas se resumieron en porcentajes, mientras que las variables cuantitativas se expresaron como media/mediana y desviación estándar/rango intercuartil. Las comparaciones de las proporciones entre la ubicación y forma según tipo

de raíz se llevaron a cabo mediante la prueba de chi cuadrado. La comparación de medias de la distancia se realizó utilizando la prueba de Kruskal-Wallis, en ambos casos considerando un nivel de significancia del 5%. Se utilizó el programa SPSS V.24 y el programa GPower V.31 para el cálculo del tamaño del efecto (TE) y del poder estadístico (PE) en el análisis post hoc.

## RESULTADOS

### Ubicación del foramen apical mayor

En este estudio se analizaron 32 primeros molares maxilares, evaluando 32 raíces mesio vestibulares, 32 raíces disto-vestibulares y 32 raíces palatinas. Respecto a la ubicación del FAM, se observó que en la raíz mesio-vestibular la mayor proporción fue distal (34.4%), en la raíz disto-vestibular fue vestibular (37.5%) y en la raíz palatina fue distal (31.3%), sin diferencias estadísticamente significativas entre las raíces ( $p > 0.05$ ; Tabla 1).

Se creó además una variable dicotómica de ubicación del FAM con las categorías "céntrico" y "excéntrico". Para la raíz mesio-vestibular, 9 muestras (28.1%) presentaron una ubicación céntrica y 23 (71.9%) una ubicación excéntrica; en la raíz disto-vestibular, 8 (25%) fueron céntricas y 24 (75%) excéntricas; en la

**Tabla 1.** Porcentaje de la Ubicación del Foramen Apical Mayor según el Tipo de Raíz

| Ubicación          | Mesiovestibular (n) | Distovestibular (n) | Palatina (n) |
|--------------------|---------------------|---------------------|--------------|
| <b>Central*</b>    | 28.1(9)             | 25(8)               | 18.8(6)      |
| <b>Mesial*</b>     | 0(0)                | 6.3(2)              | 6.3(2)       |
| <b>Distal*</b>     | 34.4(11)            | 18.8(6)             | 31.3(10)     |
| <b>Vestibular*</b> | 9.4(3)              | 37.5(12)            | 15.6(5)      |
| <b>Palatino*</b>   | 28.1(9)             | 12.5(4)             | 28.1(9)      |

\* Prueba de Chi cuadrado de Pearson,  $P > 0.05$ .

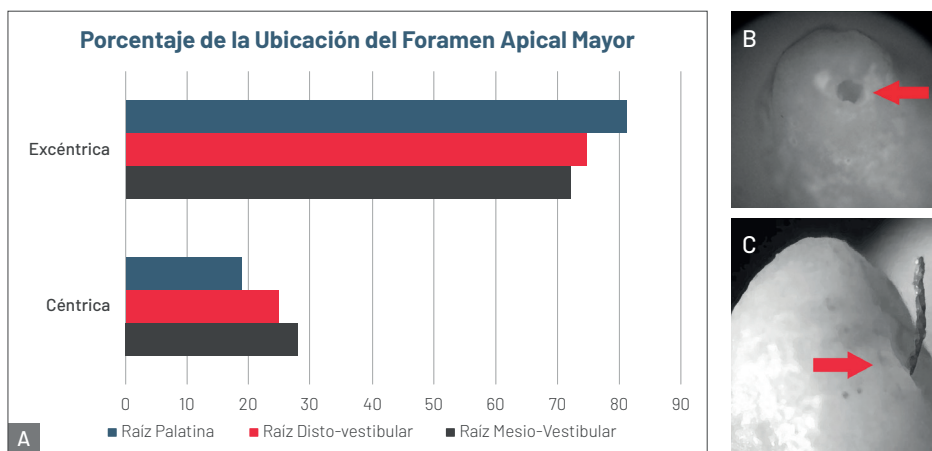
**Tabla 2.** Distancia (mm) entre la ubicación del foramen apical mayor y el ápice anatómico

### Distancia al Foramen Apical Mayor

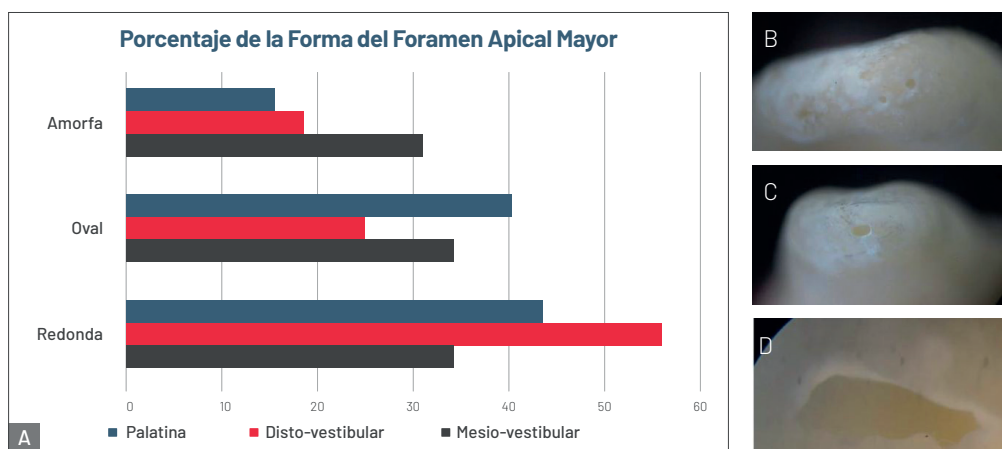
| Ubicación    | n         | Media $\pm$ DE  | Mediana (RIQ) | Máximo | Mínimo |
|--------------|-----------|-----------------|---------------|--------|--------|
| Mesial*      | 4         | 0.35 $\pm$ 0.28 |               | 0.11   | 0.76   |
| Distal*      | 27        |                 | 0.12 (0.18)   | 0.02   | 0.51   |
| Vestibular*  | 20        |                 | 0.23 (0.35)   | 0.07   | 0.94   |
| Palatino*    | 22        |                 | 0.22 (0.26)   | 0.05   | 1.06   |
| <b>Total</b> | <b>73</b> |                 |               |        |        |

Los datos paramétricos se resumieron con media  $\pm$  desviación estándar, mientras que los datos no paramétricos con mediana y rango intercuartil (RIQ). Se excluyeron los datos de ubicación central.

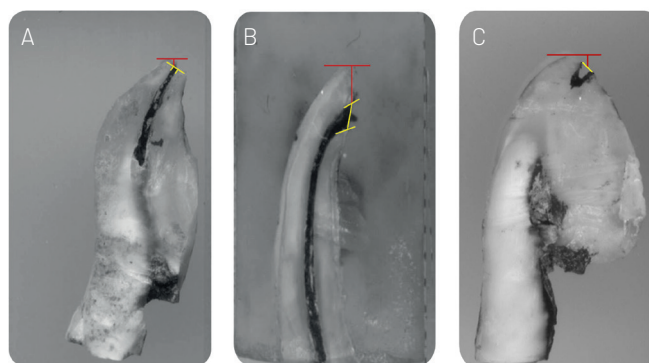
\* Prueba de Kruskal Wallis,  $P > 0.05$ .



**Figura 1.** (A) Gráfico de barras del porcentaje de la ubicación del foramen apical mayor de las raíces mesio-vestibular, disto-vestibular y palatina. (B) Foramen apical mayor de ubicación céntrica (aumento de 4X). (C) Foramen apical mayor de ubicación excéntrica (aumento de 4X). Las flechas señalan el foramen apical mayor.



**Figura 2.** (A) Gráfico de barras del porcentaje de la forma del foramen apical mayor de las raíces mesio-vestibular, disto-vestibular y palatina. (B) Foramen apical mayor redondo (aumento de 4X). (C) Foramen apical mayor ovalado (aumento de 4X). (d) Foramen apical mayor amorfo (aumento de 15X).



**Figura 3.** (A) Raíz palatina (B): raíz distal (C): raíz mesio-vestibular. Las líneas amarillas indican el foramen apical mayor, mientras que las rojas indican la distancia al ápice anatómico.

raíz palatina, 6 (18.8%) fueron céntricas y 26 (81.3%) excéntricas, sin diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ; Figura 1).

### Forma del foramen apical mayor

En cuanto a la forma del FAM, la raíz mesio-vestibular mostró una distribución de 11 casos (34.4%) redonda, 11 (34.4%) oval y 10 (31.3%) amorfa. La raíz disto-vestibular fue mayoritariamente redonda en 18 casos (56.3%), seguida de 8 (25%) ovals y 6 (18.8%) amorfas. En la raíz palatina, se observó una forma redonda en 14 casos (43.8%), oval en 13 (40.6%) y amorfa en 5 (15.6%), sin diferencias significativas ( $p > 0.05$ ; Figura 2).

### Distancia del foramen al ápice

La distancia promedio entre el FAM y el ápice anatómico fue de 0.35 mm (mesial), 0.12 mm (distal), 0.23 mm (vestibular) y 0.22 mm (palatina), sin diferencias significativas ( $p > 0.05$ ; Tabla 2 y 3; Figura 3).

En cuanto a la magnitud de los efectos y el poder estadístico, la ubicación del FAM según el tipo de raíz presentó un tamaño de efecto (TE) moderado y un poder estadístico (PE) del 67%. La dicotomización en ubicación céntrica/excéntrica mostró un TE grande y un PE del 70%. En el análisis de la forma del FAM según el tipo de raíz, el TE fue pequeño en la raíz mesio-vestibular, moderado en la raíz disto-vestibular y la raíz palatina, con un PE del 5%.

La distancia entre el FAM y el ápice anatómico presentó un TE alto y un PE del 66%.

## DISCUSIÓN

El FAM se describe como la salida de mayor diámetro del conducto radicular, pudiendo estar ubicado en el ápice anatómico o de manera excéntrica respecto a este. Tiene una importante relevancia clínica en el tratamiento endodóntico, ya que sus posibles variaciones pueden influir en el éxito y pronóstico del diente (14-16). Por ello, nuestra investigación evaluó 32 primeros molares maxilares en una población de la ciudad de Ica, con un total de 96 raíces estudiadas. Estas se sometieron a evaluación mediante estereomicroscopía, en la cual se observaron la ubicación y la forma del FAM. Además, mediante cortes histológicos y programas digitales, se midió la salida del FAM con respecto al ápice.

Con los resultados obtenidos en la ubicación se acepta la hipótesis nula. Se observó que, en la raíz mesio-vestibular, la mayor proporción de casos fue distal (34.4%), en la raíz disto-vestibular fue vestibular (37.5%) y, en la raíz palatina, fue distal (31.3%). Al analizar las raíces individualmente, se encontraron

los siguientes resultados: en la raíz disto-vestibular, la ubicación más frecuente fue vestibular (30.51%); en la raíz mesio-vestibular, la ubicación más común fue palatina (38.3%); y en la raíz palatina, la ubicación más frecuente fue distal (35%). Estos datos indican que las ubicaciones más frecuentes en mayor porcentaje se dan en las caras palatinas y distales. Un dato importante a considerar es que la cara palatina no es observable en radiografías, por lo que debemos tenerla en cuenta al realizar la conductometría. Estos resultados están en contraposición con los encontrados por Martos et al. (11), quienes evaluaron 107 molares maxilares y encontraron que la posición más frecuente era central (38%), seguida de la palatina (21%) y la bucal (19.2%). Esta discrepancia en los resultados puede deberse a que el autor evaluó primeros, segundos y terceros molares maxilares, a diferencia de nuestro estudio, que solo incluyó primeros molares maxilares. En otro estudio realizado por Burch et al. (17), quienes utilizaron 96 raíces y encontraron que la raíz mesio-vestibular predominó en la ubicación distal (49.4%), mientras que la distal presentó la menor proporción (9.2%). En la raíz disto-vestibular, la ubicación predominante fue distal (38.7%), seguida de la central (3.2%), y en la raíz palatina, predominó la ubicación lingual (30.1%), seguida de la distal (29%) y, por último, la central (3.2%) (17). Estos resultados tampoco fueron concluyentes con los nuestros; probablemente, el tipo de población evaluada influyó la discrepancia. Por otro lado, Martos et al. (11) encontraron que la localización prevalente del foramen fue distal en un 40.1%, dato similar al encontrado en nuestra investigación (18). Morfis et al. (19) realizaron un estudio con 12 primeros molares superiores, encontrando que la ubicación más frecuente era mesial (57.9%), seguida de palatina y distal, con un 25% cada una (19). Estos resultados difieren de los nuestros al igual que en otros estudios, el tipo de población evaluada podría ser un factor importante que influye en la variabilidad anatómica.

Con respecto a la distancia del FAM al ápice, se aceptó la hipótesis nula. La distancia promedio entre el FAM y el ápice anatómico, dependiendo del tipo de raíz, fue de 0.21 mm, 0.22 mm y 0.16 mm para las raíces mesio-vestibular, disto-vestibular y palatina, respectivamente. Cabe señalar que los valores obtenidos están dentro del rango de los valores reportados en la literatura (20-22). En la raíz palatina, se encontró una medida máxima de 1.06 mm, lo cual es relevante, especialmente en tratamientos donde la conductometría se realiza con radiografías y el diagnóstico es de necrosis pulpar, ya que en esos casos se acostumbra a dejar 0.5 mm del ápice anatómico. Al evaluar la distancia según la ubicación, se encontró lo siguiente: en la ubicación mesial, la distancia promedio fue de 0.35 mm, con un mínimo de 0.11 mm y un máximo de 0.76 mm; en la ubicación distal, la distancia promedio fue de 0.12 mm,

**Tabla 3.** Tabla 3. Distancia (en mm) del foramen apical mayor al ápice anatómico según el tipo de raíz.**Distancia al Foramen Apical Mayor**

| Raíz            | n         | Mediana (RIQ) | Mínimo | Máximo |
|-----------------|-----------|---------------|--------|--------|
| Mesiovestibular | 23        | 0.21(0.28)    | 0.05   | 0.59   |
| Distovestibular | 24        | 0.22(0.30)    | 0.04   | 0.94   |
| Palatina        | 26        | 0.16(0.22)    | 0.02   | 1.06   |
| <b>Total</b>    | <b>73</b> |               |        |        |

Los datos no paramétricos se resumieron con mediana y rango intercuartil (RIQ).

Se excluyeron los datos de ubicación central.

\* Prueba de Kruskal Wallis.  $P > 0.05$ .

con un mínimo de 0.02 mm y un máximo de 0.51 mm; en la ubicación vestibular, la distancia promedio fue de 0.23 mm, con un mínimo de 0.07 mm y un máximo de 0.94 mm; finalmente, en la ubicación palatina, la distancia promedio fue de 0.22 mm, con un mínimo de 0.05 mm y un máximo de 1.06 mm. Marroquin et al. (23) encontraron que en las raíces mesio-vestibulares, la distancia del FAM al ápice era de 0.91 mm en promedio, con un máximo de 1.61 mm y un mínimo de 0.33 mm; en las raíces disto-vestibulares, la distancia promedio fue de 0.75 mm, con un máximo de 1.65 mm y un mínimo de 0.25 mm; y en las raíces palatinas, la distancia promedio fue de 0.91 mm, con un máximo de 2.05 mm y un mínimo de 0.24 mm (23). Estos resultados difieren de los hallazgos obtenidos en nuestra investigación, pero en otro estudio realizado por Arora & Tewari (12), en una población de la India, se encontró que el mayor valor medio de la distancia entre el foramen apical y el ápice fue en la raíz mesio-vestibular, con 0.996 mm, seguido de la raíz palatina con 0.94 mm y la raíz disto-vestibular con 0.82 mm (12). Martos et al. (11), en un estudio con 107 molares maxilares, encontraron que los valores mínimos y máximos de la distancia entre el FAM y el ápice estaban entre 0.10 mm y 1.7 mm, resultados muy similares a los encontrados en nuestro trabajo.

Con los resultados obtenidos en la forma del FAM, se aceptó la hipótesis nula, ya que no se encontraron diferencias significativas en la forma en todas las raíces evaluadas. La forma más común del FAM fue redonda, seguida de la ovalada y, finalmente, la amorfa. Estos resultados difieren de los encontrados por Marroquin et al. (23), quienes observaron que en las raíces mesio-vestibular, disto-vestibular y palatina, la forma más predominante fue ovalada, seguida de la redonda (22). Resultados similares fueron obtenidos por Arora & Tewari (12), donde la incidencia de los canales de forma ovalada fue mayor en la población india. Sin embargo, nuestros resultados coincidieron con la investigación de Martos et al. (18), quienes encontraron que la forma

redonda, con un 67.6%, era la predominante, seguida de la ovalada con un 43% (18).

En el presente estudio, el análisis de los datos incluyó un cálculo post hoc del tamaño del efecto (TE) y del poder estadístico (PE) debido a la falta de cálculo inicial del tamaño muestral mínimo. La variabilidad observada en los datos influyó directamente en el PE, ya que, a mayor dispersión en los datos, se dificulta la detección de efectos reales, lo cual limita la posibilidad de identificar diferencias estadísticamente significativas, como se evidenció en los resultados obtenidos. Según la literatura, el aumento del tamaño muestral, la reducción de la variabilidad en los datos y la selección de variables con un impacto clínico más relevante son estrategias recomendadas para mejorar el PE (24-26).

En relación al TE, los resultados indicaron que la ubicación del FAM según el tipo de raíz presentó un impacto significativo, lo que sugiere que esta variabilidad posee relevancia clínica. La dicotomización de esta variable incrementa el TE, lo que implica que las diferencias entre ubicaciones céntricas y excéntricas del FAM de los distintos tipos de raíces son clínicamente significativas y deberían ser consideradas en el proceso de conductometría.

Por otro lado, el TE reducido observado en la forma del FAM en la raíz mesio-vestibular indicó que las variaciones en esta característica tienen un impacto mínimo, mientras que en las raíces disto-vestibular y palatina, el TE moderado sugiere que las variaciones en la forma del FAM pueden ser relevantes y, por tanto, deben tenerse en cuenta al planificar la conductometría. Asimismo, el TE elevado en la variación de la distancia entre el FAM y el ápice anatómico, en función del tipo de raíz, resalta la importancia de considerar también esta característica anatómica.

Para investigaciones futuras, se recomienda tener en cuenta la considerable variabilidad anatómica del FAM. No solo sería adecuado aumentar el tamaño muestral para optimizar el PE, sino también simplificar las categorías de la variable de ubicación del FAM y enfocar el análisis en aquellas características que demostraron TE moderado o elevado, con el fin de obtener hallazgos clínicamente relevantes.

Las variaciones encontradas en varios estudios presentados previamente pueden deberse a diversos factores. En primer lugar, al tamaño de la muestra utilizada en cada trabajo y al método de evaluación. En nuestro estudio, se utilizó un estereomicroscopio, lo que permitió evaluar de manera objetiva la forma y ubicación del FAM. Sin embargo, métodos más precisos como la microscopía electrónica de barrido

(MEB) o la microtomografía computarizada (Micro CT) (27, 28) podrían ofrecer resultados más exactos. Por otro lado, la ubicación del FAM fue evaluada mediante cortes histológicos de dientes inyectados previamente con tinta china. La sensibilidad del método utilizado pudo haber influido en las mediciones, pero esto no invalida los resultados obtenidos. No obstante, tanto la MEB como la MicroCT podrían generar medidas más exactas. Otro factor a considerar es la variabilidad étnica (29), ya que muchos estudios se realizan en poblaciones de raza caucásica. En contraste, la presente investigación obtuvo muestras de una población generalmente mestiza, lo que podría explicar las discrepancias con los estudios realizados en otros países. La importancia clínica de nuestra investigación radica en la capacidad de extrapolar nuestros hallazgos a nuestra población en procedimientos clínicos, dado que actualmente no existen estudios que involucren a la población peruana.

La variabilidad anatómica debe ser una constante a tener en cuenta al tomar decisiones clínicas en nuestros procedimientos de rutina. Si bien es cierto que este fue un estudio *ex vivo* que intenta explorar la variabilidad anatómica del FAM, es necesario realizar más estudios con un mayor número de muestras y en diferentes poblaciones del Perú. Esto se debe a que el Perú es una nación diversa, con una mezcla de diferentes etnias que podrían influir en la variabilidad anatómica.

## CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones de este estudio, se concluye que la ubicación del foramen apical mayor varió según el tipo de raíz en los primeros molares maxilares. Se ubicó distal en las raíces mesio-vestibular y palatina, vestibular en la raíz disto-vestibular. Predominó una ubicación excéntrica del foramen apical mayor en todas las raíces. En cuanto a la forma, las raíces mesio-vestibulares mostraron proporciones similares en la forma redonda y oval, mientras que las raíces disto-vestibulares y palatinas fueron principalmente redondas. La mayor distancia entre el foramen apical mayor y el ápice anatómico se observó en la ubicación mesial.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Esponda Vila R. Anatomía Dental. 1ra reimpresión. Universidad Nacional Autónoma de México; 1994. p. 253-7.
- Seltzer S. Consideraciones biológicas en los procedimientos endodónticos. New York (NY): Edit Mundi Saic y F; 1979. p. 1-27.
- Cohen S, Burns R. Las vías de la pulpa. 7ma ed. San Francisco (CA): Edit Harcourt; 1999.
- Grande NM, Plotino G, Peikoff MD. Mesiobuccal canal morphology in maxillary first molars: a CBCT analysis. *J Endod*. 2022;48(9):950-7.
- Martins JNR, Marques D, Silva EJNL, Caramês J, Mata A, Versiani MA. Second mesiobuccal root canal in maxillary molars-A systematic review and meta-analysis of prevalence studies using cone beam computed tomography. *Arch Oral Biol*. 2020;113:104589.
- Barbhai S, Shetty R, Joshi P, Mehta V, Mathur A, Sharma T, Chakraborty D, Porwal P, Meto A, Wahjuningrum DA, Luke AM, Pawar AM. Evaluation of root anatomy and canal configuration of human permanent maxillary first molar using cone-beam computed tomography: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(16):10160.
- Martins JNR, Marques D, Silva EJNL, Caramês J, Versiani MA. Prevalence studies on root canal anatomy using cone-beam computed tomographic imaging: A systematic review. *J Endod*. 2019;45(4):372-386.e4.
- Xiang Y, Wu Z, Yang L, Zhang W, Cao N, Xu X, Lin Y. Morphology and classification of the second mesiobuccal canal in maxillary first molars: a cone-beam computed tomography analysis in a Chinese population. *BMC Oral Health*. 2024;24(1):568.
- Verma P, Love RM. A micro CT study of the mesiobuccal root canal morphology of the maxillary first molar tooth. *Int Endod J*. 2011;44(3):210-7.
- Ten Cate AR. Oral histology, development, structure and function. 2nd ed. St. Louis: Mosby; 1985.
- Martos J, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Castro LA. Topographical evaluation of the major apical foramen in permanent human teeth. *Int Endod J*. 2009;42(4):329-34.
- Arora S, Tewari S. The morphology of the apical foramen in posterior teeth in a North Indian population. *Int Endod J*. 2009;42:930-9.
- Swathika B, Ullah MK, Ganesan S, Muthusamy P, Vuyyuru P, Kalita K, Swarnalatha C, Babu SJ, Nayyar AS. Variations in canal morphology, shapes, and positions of major foramen in maxillary and mandibular teeth. *J Microsc Ultrastruct*. 2021;9(4):190-195.
- Ahmed HMA, Rossi-Fedele G. Preferred reporting items for root and canal anatomy in the human dentition (proud 2020) - A systematic review and a proposal for a standardized protocol. *Eur Endod J*. 2020;5(3):159-176.
- Wolf TG, Paqué F, Sven Patyna M, Willershausen B, Briseño-Marroquín B. Three-dimensional analysis of the physiological foramen geometry of maxillary and mandibular molars by means of micro-CT. *Int J Oral Sci*. 2017;9(3):151-157.
- Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Am Dent Assoc*. 1955;50:544-52.
- Burch JG, Hulen S. The relationship of the apical foramen to the anatomical apex of the tooth root. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1972;34:262-8.
- Martos J, Lubian C, Silveira LF, Suita de Castro LA, Ferrer Luque CM. Morphologic analysis of the root apex in human teeth. *J Endod*. 2010;36(4):664-7.
- 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 Surg Oral Med Oral Pathol*. 1994;77(2):172-6.
- Manva MZ, Sheereen S, Hans MK, Alroomy R, Mallineni SK. Morphometric analysis of the apical foramina in extracted human teeth. *Folia Morphol (Warsz)*. 2022;81(1):212-219.
- Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical root canal constriction and apical foramen. *Int Endod J*. 1984;17:192-8.

22. Marceliano-Alves M, Alves FR, Mendes Dde M, Provenzano JC. Micro-computed tomography analysis of the root canal morphology of palatal roots of maxillary first molars. *J Endod.* 2016;42(2):280-3.
23. Marroquin BB, El-Sayed MA, Willershausen-Zönnchen B. Morphology of the physiological foramen: I. Maxillary and mandibular molars. *J Endod.* 2004 ;30(5):321-8.
24. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
25. Field A. Discovering statistics using IBM SPSS statistics. 5th ed. London: Sage Publications; 2017.
26. Tabachnick BG, Fidell LS. Using multivariate statistics. 6th ed. Boston: Pearson; 2013.
27. Peters OA, Laib B, Ruegsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res.* 2000;79:1405-9.
28. Ahmed HMA. A critical analysis of laboratory and clinical research methods to study root and canal anatomy. *Int Endod J.* 2022 Apr;55 Suppl 2:229-80. doi: 10.1111/iej.13702.
29. Martins JNR; Worldwide Anatomy Research Group; Versiani MA. Worldwide assessment of the root and root canal characteristics of maxillary premolars - a multi-center cone-beam computed tomography cross-sectional study with meta-analysis. *J Endod.* 2024 ;50(1):31-54.

---

**CITAR ESTE ARTÍCULO COMO:** Teves A, Anyosa M, Montes I, Alcalde MP, Duarte MAH, Nole C. Características anatómicas del foramen apical mayor de primeros molares maxilares en una subpoblación peruana: Un estudio ex vivo. *Rev Endod Per.* 2024; 1(1): 7-14. doi: 10.67257/80.

#### CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES:

*Conceptualización:* Teves A, Nole C, Anyosa M, Montes I. Hungaro Duarte MA, Alcalde MA.

*Curación de datos:* Nole C. *Análisis formal:* Nole C. *Adquisición de fondos:* Teves A, Anyosa M, Montes I. *Investigación:* Teves A, Anyosa M, Montes I. Hungaro Duarte MA, Alcalde MA.

*Metodología:* Teves A, Nole C. Hungaro Duarte MA, Alcalde MA. *Administración del proyecto:* Teves A. *Recursos:* Teves A, Anyosa M, Montes I. *Software:* Teves A, Nole C. *Supervisión:* Teves A, Nole C. *Validación:* Teves A, Nole C. *Visualización:* Teves A, Nole C. *Escritura del borrador:* Teves A, Anyosa M, Montes I. *Escritura, revisión y edición del manuscrito final:* Teves A, Nole C. Hungaro Duarte MA, Alcalde MA.

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 15 de enero del 2024

**FECHA DE ACEPTACIÓN:** 18 de junio del 2024



© Los autores 2024. Este artículo de acceso abierto se ha distribuido bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).