



Artículo de investigación

Evaluación de la visibilidad y continuidad radiográfica del conducto mesiovestibular secundario (MB2) en primeros molares superiores mediante tomografía computarizada de haz cónico

Evaluation of the radiographic visibility and continuity of the secondary mesiobuccal canal (MB2) in maxillary first molars using cone-beam computed tomography

Karla Melissa Basilio Cervantes , Irlanda Rivera Torres , Dulce Martha Fuchen Ramos 

Posgrado en Endodoncia Integral, Facultad de Odontología, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, México.

Autor de correspondencia: Karla Melissa Basilio Cervantes, Posgrado en Endodoncia Integral, Universidad Autónoma de Baja California, Zotoluca y Chinampas s/n Fracc. Calafia, 21040, Mexicali, Baja California, México. ORCID: 0009-0008-2049-8711. Correo electrónico: kbasilio@uabc.edu.mx

Recibido: 21 de abril del 2026

Aceptado: 23 de septiembre del 2026

Publicado: 3 de octubre del 2026

Resumen. - La identificación del conducto mesiovestibular secundario (MB2) en primeros molares superiores representa un reto diagnóstico debido a su alta variabilidad anatómica y a las limitaciones de las imágenes bidimensionales tradicionales. La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) ofrece una evaluación tridimensional del sistema de conductos radiculares; sin embargo, la visualización continua del MB2 a lo largo de la raíz no siempre es posible. El objetivo de este estudio fue evaluar la visibilidad y continuidad radiográfica del MB2 en primeros molares superiores mediante un análisis de CBCT. Se llevó a cabo un estudio descriptivo observacional con 35 primeros molares superiores provenientes de 33 pacientes, obtenidos de tomografías sin tratamiento endodóntico previo. El análisis consistió en cortes axiales, apoyados en reconstrucciones tridimensionales, utilizando el conducto mesiovestibular principal (MB1) como referencia. La visibilidad del MB2 se clasificó en continuidad completa, continuidad parcial y no identificable, según su presencia en los niveles cervical, medio y apical. Respecto a la continuidad radiográfica, se observó una degradación crítica de la visibilidad en sentido corono-apical: el MB2 fue visible en el 85.7% de los casos en el tercio cervical, disminuyendo drásticamente a un 31.4% en el tercio apical. El análisis mediante la Prueba Exacta de Fisher determinó que la presencia de esta variante anatómica no presentó diferencias estadísticamente significativas respecto al sexo o lado del arco. Esta metodología contribuye a una interpretación más precisa de la anatomía radicular mediante CBCT, resaltando el potencial y las limitaciones de esta tecnología en la porción terminal de la raíz.

Palabras clave: Endodoncia; Primer molar superior; MB2; Anatomía radicular; Tomografía computarizada de haz cónico.

Abstract. The identification of the second mesiobuccal canal (MB2) in maxillary first molars represents a diagnostic challenge due to its high anatomical variability and the limitations of traditional two-dimensional imaging. Cone-beam computed tomography (CBCT) offers a three-dimensional evaluation of the root canal system; however, continuous visualization of the MB2 along the root is not always possible. The objective of this study was to evaluate the radiographic visibility and continuity of the MB2 in maxillary first molars using CBCT analysis. A descriptive, observational study was conducted with 35 maxillary first molars obtained from 33 patients without prior endodontic treatment. The analysis consisted of axial slices supported by three-dimensional reconstructions, utilizing the primary mesiobuccal canal (MB1) as a reference. MB2 visibility was classified into complete continuity, partial continuity, and non-identifiable, according to its presence at the cervical, middle, and apical levels. Regarding radiographic continuity, a critical degradation of visibility was observed in a corono-apical direction: the MB2 was visible in 85.7% of the cases in the cervical third, decreasing drastically to 31.4% in the apical third. Statistical analysis using Fisher's exact test determined that the presence of this anatomical variant showed no statistically significant differences regarding sex or side of the arch. This methodology contributes to a more precise interpretation of root anatomy through CBCT, highlighting the potential and limitations of this technology in the terminal portion of the root.

Keywords: Endodontics; Maxillary first molar; MB2; Root anatomy; Cone-beam computed tomography.

1. Introducción

El éxito de la terapia endodóntica contemporánea se fundamenta de manera crítica en el desbridamiento biomecánico exhaustivo, la desinfección química rigurosa y la obturación tridimensional del complejo sistema de conductos radiculares [1-3]. Dentro de la anatomía dental humana, el primer molar superior permanente es reconocido unánimemente como una de las unidades más intrincadas y variables, presentando desafíos diagnósticos y terapéuticos constantes para el clínico [2-5]. Clásicamente, este diente ha sido descrito con una configuración de tres raíces y tres conductos; sin embargo, la presencia de un segundo conducto en la raíz mesiovestibular (denominado MB2) se ha consolidado en la literatura científica como una característica anatómica predominante más que una anomalía, con incidencias reportadas en un rango sumamente amplio que oscila entre el 18.6% y el 96.1% [6-9]. Esta disparidad estadística suele atribuirse a diferencias metodológicas, perfiles étnicos y el uso de tecnologías de imagen de diversa resolución [6,10,11,12]. La raíz mesiovestibular (MV) suele ser delgada en sentido mesiodistal pero ancha en sentido vestibulopalatino, presentando frecuentemente una morfología en forma de cinta o frijol que favorece el desarrollo de múltiples conductos o istmos complejos [2,6,13].

Desde una perspectiva microbiológica avanzada, la persistencia de infecciones en estas estructuras anatómicas complejas representa el factor etiológico primario del fracaso terapéutico. Siqueira y Rôças postulan que la unidad de patogenicidad en la periodontitis apical no es el patógeno aislado, sino la comunidad organizada en *biofilms* polimicrobianos recalcitrantes [14,15]. Estos *biofilms* consisten en comunidades sésiles unidas a la superficie dentinaria, embebidas en una matriz de sustancias poliméricas extracelulares (EPS) de producción propia. La matriz de EPS desempeña un papel crítico al actuar como una barrera física y química que protege a los microorganismos de la acción de los agentes irrigantes y del sistema inmune del huésped [14]. En áreas de difícil acceso como el istmo mesiovestibular y el conducto MB2, el *biofilm* puede alcanzar espesores significativos, funcionando como un reservorio de infección persistente que perpetúa la inflamación perirradicular incluso tras procedimientos de desinfección convencionales [14,15,16].

Bajo la protección de esta matriz, subpoblaciones denominadas células persistentes (persister cells) entran en un estado de latencia metabólica, lo que las hace inherentemente refractarias a los agentes químicos, permitiendo la repoblación del sistema una vez que el estrés terapéutico ha cesado [14,15]. Asimismo, el conducto MB2 no localizado configura un nicho ecológico caracterizado por una baja tensión de oxígeno y un potencial redox negativo, condiciones que seleccionan específicamente a anaerobios estrictos recalcitrantes que expresan un perfil proteolítico altamente especializado capaz de degradar activamente el colágeno de la matriz dentinaria para utilizarlo como fuente primaria de energía [14,15].

La comprensión y clasificación de esta morfología interna ha evolucionado drásticamente. Inicialmente, Weine et al. propusieron un sistema basado en cuatro tipos de configuraciones, centrados en el patrón de división y salida de los conductos [17,18]. Posteriormente, Vertucci expandió esta clasificación a ocho categorías para abarcar variaciones anatómicas más complejas, como conductos que se dividen, se fusionan y se vuelven a separar [2,18]. No obstante, debido a las limitaciones de los sistemas numéricos, Ahmed et al. propusieron un sistema de codificación lógica que integra el número de diente, la cantidad de raíces y la configuración específica de cada conducto, facilitando una comunicación clínica y académica más precisa en la era de la imagenología tridimensional [3,18,11].

El conducto MB2 representa, por lo tanto, el mayor desafío técnico en la disciplina. Su complejidad no solo radica en su prevalencia, sino en su dificultad intrínseca de localización y negociación clínica [4,19,20,21]. Anatómicamente, su orificio suele situarse aproximadamente a 2 mm palatalmente al conducto mesiovestibular principal (MB1) y ligeramente mesial a la línea imaginaria que une el MB1 con el conducto palatino [13,19,20]. Sin embargo, este acceso suele estar oculto bajo depósitos de dentina secundaria, cálculos pulpares o estantes dentinarios que dificultan su visualización directa bajo métodos convencionales [19-22]. Además, el conducto MB2 tiende a ser extremadamente estrecho y presenta curvaturas severas que impiden el paso de instrumentos, particularmente en pacientes de edad avanzada debido a la deposición fisiológica de la dentina. Biológicamente, la omisión de un conducto de apenas 100 µm de diámetro puede albergar una carga bacteriana masiva, actuando como un reservorio crítico para la periodontitis apical persistente [5,11,14,23].

La evolución tecnológica de la imagenología ha sido fundamental para abordar estos retos, aunque su interpretación exige una sólida base en física de la imagen. Históricamente, la radiografía periapical (2D) ha sido el estándar, pero presenta limitaciones críticas debido a la superposición de estructuras y la falta de profundidad [24,25]. La introducción de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) revolucionó el diagnóstico al permitir una navegación tridimensional sin distorsión [24-26]. No obstante, la visibilidad del MB2 está íntimamente ligada al tamaño del *vóxel* y al efecto de volumen parcial [27-29]. Este fenómeno ocurre cuando una estructura ocupa solo una parte del volumen de un *vóxel*, promediando su densidad con los tejidos circundantes y resultando en una imagen difusa [27-29]. Mohammad-Rahimi enfatiza que la reducción del tamaño del *vóxel* mejora significativamente la precisión diagnóstica del MB2, alcanzando una exactitud superior en protocolos de alta resolución [27].

Las implicaciones clínicas de omitir el MB2 son severas, constituyendo una de las causas primordiales de fracaso endodóntico [30-33]. Wolcott et al. observaron que el MB2 se encontraba con mayor frecuencia en casos de retratamiento (66%) que en tratamientos iniciales (58%), lo que sugiere que los conductos omitidos son un factor etiológico directo en la falla terapéutica [30]. Alotaibi et al. reportaron que el 67.3% de los molares con un MB2 omitido presentaban lesiones periapicales visibles en CBCT, comparado con solo el 14.3% en casos donde el conducto fue tratado [23]. Esta necesidad de precisión diagnóstica adquiere relevancia crítica al considerar que la morfología radicular está influenciada por la variabilidad geográfica y étnica [11,31,34].

Para garantizar la validez científica, esta investigación se fundamenta en una muestra proveniente de un centro de diagnóstico radiológico externo especializado. Como destaca Safi et al., la gestión precisa del campo de visión (FOV) es esencial para minimizar artefactos como el endurecimiento del haz y el efecto de la exomasa, los cuales pueden generar falsos negativos al oscurecer conductos finos [35]. La integración de estas herramientas se alinea con la Endodoncia de Mínima Invasión (MIE), un paradigma que busca preservar la máxima cantidad de dentina pericervical sin comprometer la desinfección [36,37]. El futuro de la disciplina se dirige hacia la implementación de la Inteligencia Artificial (IA) para la detección automática y segmentación del MB2 [38-41].

Bajo este planteamiento, el presente estudio trasciende la mera identificación de la presencia para enfocarse en un análisis profundo de la visibilidad y continuidad radiográfica en los tercios cervical, medio y apical. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la visibilidad y continuidad radiográfica del conducto mesiovestibular secundario (MB2) en primeros molares superiores permanentes mediante

tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en una muestra de la población de Mexicali, Baja California, identificando el vacío de conocimiento clínico respecto a su degradación en el tercio apical.

2. Materiales y Métodos

2.1 Diseño del Estudio y Selección de la Muestra

La presente investigación se rige bajo un diseño de estudio descriptivo, observacional y de corte transversal, centrado en el análisis anatómico *in vivo* mediante CBCT. La muestra definitiva consistió en 35 primeros molares superiores permanentes obtenidos de 33 pacientes mayores de 18 años. Las unidades fueron seleccionadas rigurosamente de una base de datos digital DICOM recopilada de forma aleatoria en el periodo comprendido entre noviembre de 2025 y marzo de 2026, proveniente de un centro de diagnóstico radiológico especializado en Mexicali, Baja California. La dimensión de esta muestra se fundamenta en los criterios de estimación y análisis de datos morfológicos para subpoblaciones específicas descritos por Naing et al. y Navarro et al., donde el estricto control de las variables de inclusión asegura un estándar descriptivo suficiente sin requerir un muestreo masivo [42, 43].

La dimensión de esta muestra se calculó mediante la fórmula para la estimación de una proporción en estudios de prevalencia descrita por Naing et al. [43]

$$n = [Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)] / e^2$$

Dónde se configuraron los siguientes parámetros estadísticos: un nivel de confianza del 95% ($Z = 1.96$), una prevalencia esperada del 65% ($p = 0.65$) fundamentada en los reportes de literatura internacional sobre la frecuencia del conducto MB2 en primeros molares superiores evaluados mediante CBCT, y un margen de error del 16% ($e = 0.16$). Sustituyendo los valores, se obtuvo un resultado de $n = 34.14$, fijando un tamaño muestral mínimo requerido de 35 unidades de estudio. Por consiguiente, se analizaron **35 molares independientes** bajo los criterios de inclusión y exclusión definidos para el protocolo, asegurando un estándar descriptivo suficiente en conjunto con los criterios de control morfológico descritos por Navarro et al. [42, 43].

Los criterios de inclusión abarcaron órganos dentarios con formación radicular completa y ápices cerrados, sin evidencia de tratamiento endodóntico previo ni presencia de materiales de obturación o postes, evitando artefactos de endurecimiento del haz que pudieran comprometer la luz del conducto. Se excluyeron unidades con calcificaciones pulpares extensas, reabsorciones radiculares o restauraciones metálicas extensas que generaran ruido visual excesivo [10,26].

2.2 Adquisición de Imagen y Parámetros Técnicos

Los volúmenes tomográficos fueron obtenidos utilizando el sistema VATECH Green X12 (Vatech Co., Ltd., Gyeonggi-do, Korea) configurado con protocolos de alta resolución para maximizar la definición de estructuras intrincadas. Los parámetros de exposición se ajustaron predominantemente en voltajes entre 90 kVp y 120 kVp, con una corriente de tubo elevada de hasta 13.50 mA [27,28]. Técnicamente, el empleo de un miliamperaje superior se justifica por la necesidad de optimizar la relación señal-ruido (SNR). Mohammad-Rahimi enfatiza que la identificación de estructuras finas con diámetros cercanos a los 100 μm requiere una energía de haz suficiente para atravesar la densidad dentinaria sin que el ruido degrade

la imagen [27]. El campo de visión (FOV) empleado fue primordialmente de 5x5 cm (campo limitado), lo cual concentra la resolución espacial y minimiza la radiación dispersa [35]. El tamaño de *vóxel* se mantuvo en un rango de 50 μm a 200 μm , cumpliendo con los estándares de alta resolución necesarios para el diagnóstico endodóntico avanzado [27,28].

2.3 Procesamiento de Software y Algoritmo de Reconstrucción

Para la interpretación y manipulación de los datos volumétricos, se utilizó exclusivamente el software especializado CS 3D Imaging versión 3.10.47 (Carestream Dental). Se emplearon filtros de afilado (*sharpening*) para acentuar las interfaces de densidad entre la luz del conducto y las paredes dentinarias, y herramientas de mejora de contraste para diferenciar variaciones mínimas de densidad en la zona del istmo [22, 28]. Durante el análisis dinámico multiplanar, se aplicó el algoritmo de reconstrucción de promedio (AVG), con un espesor de corte axial estandarizado de 1.0 mm. La base matemática del algoritmo AVG reduce el ruido cuántico y permite una identificación más nítida de los límites anatómicos en comparación con algoritmos de máxima intensidad [35].

2.4 Guía Espacial 3D y Trazado Manual

El procedimiento de evaluación empleó la herramienta de reconstrucción volumétrica tridimensional (3D) como una guía espacial activa durante todo el proceso de búsqueda. El protocolo de trazado manual se inició identificando el orificio del MB1 como referencia anatómica constante y navegando en sentido palatal siguiendo la línea del istmo. Sobre el volumen 3D, se realizó un trazado manual dinámico de la zona radiolúcida para validar la trayectoria anatómica real del MB2, evitando confundirlo con invaginaciones externas [8, 44]. Para asegurar la estandarización, se empleó la herramienta de rotación de ejes para que los cortes axiales fueran estrictamente perpendiculares al eje longitudinal de la raíz mesiovestibular.

La evaluación de los volúmenes tomográficos fue realizada por un único evaluador previamente calibrado con un especialista en endodoncia de mayor experiencia. El proceso de estandarización consistió en la evaluación independiente de un conjunto piloto de 10 tomografías de haz cónico (no incluidas en la muestra final) con un intervalo de 14 días entre la primera y la segunda evaluación para determinar la concordancia intraobservador. Se aplicó el test estadístico de Kappa de Cohen, obteniendo un valor de $\kappa = 0.85$, lo que representa un grado de acuerdo alto según la escala de Landis y Koch, garantizando la reproducibilidad en la identificación de la visibilidad y continuidad del conducto MB2.

2.5 Variables de Visibilidad y Continuidad

La visibilidad del MB2 se analizó dividiendo la raíz en tres niveles: cervical, medio y apical. La categorización de los datos se basó estrictamente en el trazo manual validado [29,45]:

Continuidad Completa: Trazado identificable de forma ininterrumpida desde el orificio de entrada hasta el foramen apical o confluencia con el MB1.

Continuidad parcial: El rastro radiográfico es visible en el tercio cervical, pero se pierde o se vuelve indistinguible en el tercio medio o apical, sugiriendo un diámetro por debajo de la resolución del sistema.

No Identificable: Ausencia total de evidencia radiográfica o trazo del conducto MB2 en los cortes analizados, observándose únicamente dentina homogénea.

2.6 Análisis Estadístico

Los datos recopilados fueron ordenados y tabulados en una base de datos digital. Se realizó un análisis estadístico descriptivo calculando las frecuencias absolutas y porcentajes de visibilidad del conducto MB2 para cada uno de los tercios radiculares evaluados (cervical, medio y apical). La comparación global de la visibilidad a lo largo de los tres tercios radiculares (medidas repetidas en una misma muestra) se analizó mediante la Prueba Q de Cochran. Tras detectar diferencias significativas, se ejecutaron pruebas de comparación pareada post-hoc de McNemar para determinar las diferencias específicas entre tercios (cervical vs. medio, medio vs. apical y cervical vs. apical). Asimismo, la asociación entre la presencia del conducto MB2 con las variables categóricas de sexo y lado del arco dental se evaluó mediante la Prueba Exacta de Fisher. El procesamiento de datos y análisis inferenciales se llevaron a cabo utilizando los softwares IBM SPSS Statistics (Versión 32), GraphPad QuickCalcs y la plataforma Social Science Statistics. Un valor de $p < 0.05$ fue considerado estadísticamente significativo.

3. Resultados

La muestra analizada consistió en 35 primeros molares superiores permanentes. Tras el análisis tomográfico, se identificó la presencia del conducto mesiovestibular secundario (MB2) en el 85.7% ($n = 30$) de los especímenes en el tercio cervical, confirmando que la configuración de cuatro conductos es la norma en este grupo de estudio.

En cuanto a la distribución demográfica, el MB2 estuvo presente en el 82.8% ($n = 24$) de las mujeres y en el 100.0% ($n = 6$) de los hombres analizados. Respecto a la localización en el arco, el conducto se identificó en el 85.0% ($n = 17$) de los molares del lado derecho y en el 86.7% ($n = 13$) del lado izquierdo. Mediante la Prueba Exacta de Fisher, se determinó la ausencia de diferencias estadísticamente significativas respecto al sexo ($p = 0.561$) o al lado del arco dental ($p = 1.000$), demostrando que la presencia de esta variante anatómica es independiente del perfil del paciente (Tabla 1).

Tabla 1. Frecuencia de identificabilidad del conducto MB2 en el tercio cervical de primeros molares superiores según sexo y lado del arco dental.

Variable	Presente <i>n</i> (%)	Ausente <i>n</i> (%)	Total <i>n</i> (%)	Valor <i>p</i>
Sexo				
Femenino	24 (82.8%)	5 (17.2%)	29 (100.0%)	0.561*
Masculino	6 (100.0%)	0 (0.0%)	6 (100.0%)	
Lado del arco				
Derecho	17 (85.0%)	3 (15.0%)	20 (100.0%)	1.000*
Izquierdo	13 (86.7%)	2 (13.3%)	15 (100.0%)	
Total Muestra	30 (85.7%)	5 (14.3%)	35 (100.0%)	

***Nota:** Los datos evaluados corresponden a la identificabilidad inicial del conducto MB2 registrada exclusivamente en el tercio cervical. El análisis de asociación se realizó mediante la prueba exacta de Fisher debido a la presencia de celdas con frecuencias esperadas menores a 5 ($p > 0.05$).

Respecto a la visibilidad por niveles radiculares, se observó una degradación crítica en sentido corono-apical. En el tercio cervical, el MB2 fue identificable en el 85.7% (n = 30) de los casos, descendiendo al 71.4% (n = 25) en el tercio medio y alcanzando el 31.4% (n = 11) en el tercio apical, lo que representa una reducción de 54.3 puntos porcentuales en la identificabilidad del conducto a lo largo del conducto radicular en su detección entre la porción inicial y la terminal de la raíz.

La Prueba Q de Cochran confirmó que esta pérdida progresiva de visibilidad a lo largo de los tres tercios radiculares es estadísticamente significativa ($Q = 30.632$, $df = 2$, $p < 0.001$). En el análisis post-hoc con la Prueba de McNemar, no se encontraron diferencias significativas entre el tercio cervical y el medio ($p = 0.0736$), pero sí entre el tercio medio y el apical ($p = 0.0005$), así como entre el cervical y el apical ($p < 0.001$).

Esta pérdida de señal sugiere que, aunque el conducto esté presente, las limitaciones de resolución del CBCT o la calcificación del conducto dificultan su detección en la porción apical.

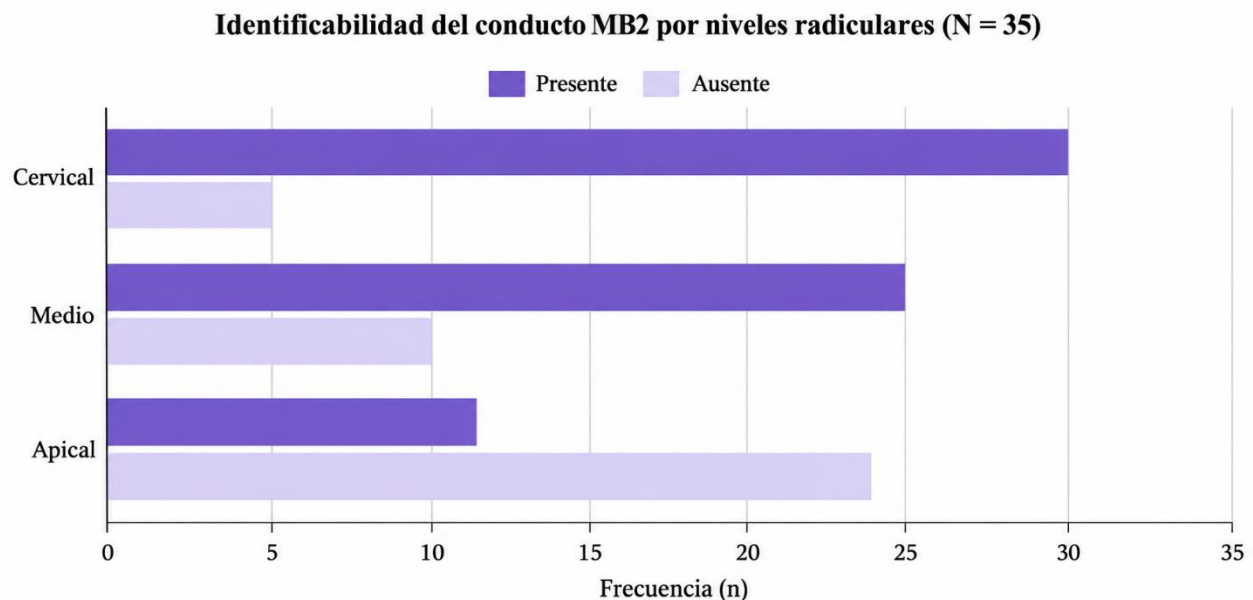


Figura 1. Identificabilidad y distribución del conducto MB2 por niveles radiculares (N = 35).

Esta degradación de la imagen tomográfica a lo largo de la raíz se categorizó en tres comportamientos representativos, los cuales se ilustran en la Figura 2. En dicha matriz, el patrón de Continuidad Parcial (Fila 2) muestra de forma clara la pérdida progresiva de señal en el tercio medio o apical, diferenciándose de los casos con Continuidad Completa (Fila 3) y No Identificable o Ausente (Fila 1).

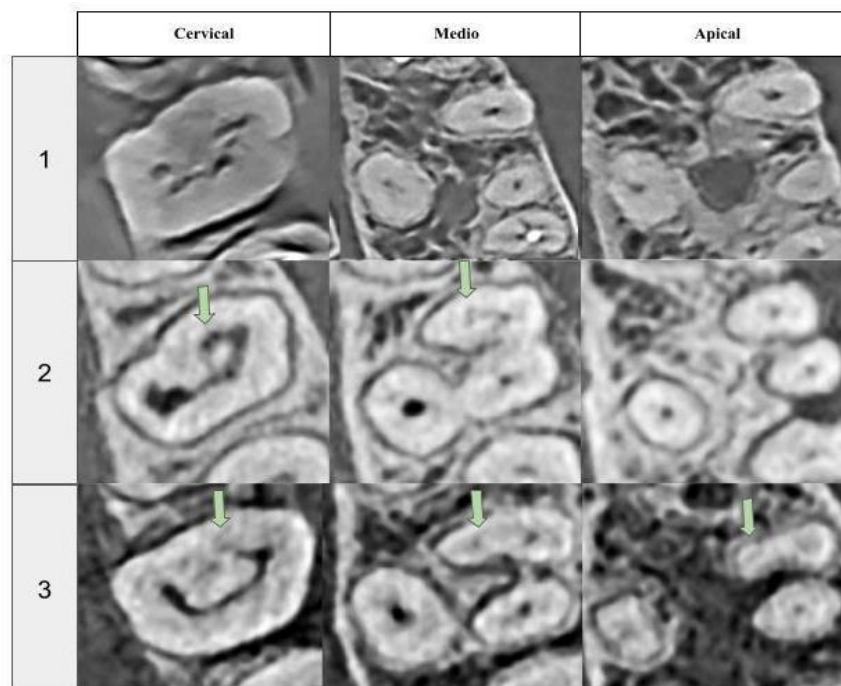


Figura 2. Matriz representativa de cortes axiales de CBCT donde se evalúa la visibilidad del conducto MB2. Las columnas corresponden a los tercios radicales: Cervical, Medio y Apical. Las filas indican el grado de visibilidad detectado: (1) Ausente: el conducto no es detectable radiográficamente en ningún tercio; (2) Parcial: el conducto es visible en los tercios superiores, pero desaparece hacia el ápice; (3) Total: el conducto mantiene su continuidad radiográfica hasta el tercio apical.

4. Discusión

4.1 Análisis comparativo de la prevalencia global y factores demográficos

La prevalencia del conducto mesiovestibular secundario (MB2) identificada en este estudio (85.7% en el tercio cervical) sitúa a la muestra dentro de los rangos superiores reportados en la literatura. Este hallazgo confirma que el MB2 no debe considerarse una variación anatómica, sino una característica estructural predominante en el primer molar superior permanente [9,34]. Al comparar los resultados de este estudio con el metaanálisis global de Martins et al., que analizó miles de muestras en múltiples centros alrededor del mundo, se observa que la prevalencia en el noroeste de México supera el promedio mundial reportado de 73.3% [6,34]. Esta variabilidad indica que la etnia y el origen geográfico son moderadores críticos de la anatomía dental, como también sugieren Alhomaidhi et al. en poblaciones de Arabia Saudita, donde reportaron incidencias de hasta el 86.8%, cifras muy cercanas a las reportadas en la presente investigación [2,11].

En el contexto latinoamericano, los resultados muestran una prevalencia superior a la reportada por Betancourt et al. en Chile (68.75%) y por León et al. en Ecuador [7,12,30]. Esta diferencia podría atribuirse a la diversidad genética y los flujos migratorios característicos de la zona fronteriza de Mexicali, que alteran la homogeneidad demográfica y las expresiones anatómicas de la raíz mesiovestibular [6,12]. Al contrastar con estudios asiáticos como Zhang et al. en China reportaron prevalencias que oscilan entre el 52% y el 70% mediante CBCT, lo que subraya la importancia de generar mapas anatómicos regionales precisos para evitar errores diagnósticos basados en datos de otras zonas del mundo [8].

Un hallazgo estadístico relevante en la presente investigación fue la ausencia de diferencias significativas entre hombres (100%) y mujeres (82.8%) evaluados mediante la Prueba Exacta de Fisher ($p = 0.561$), así como la falta de asociación con el lado del arco dental ($p = 1.000$). A pesar de que en la muestra evaluada se identificó el MB2 en el 100% de los varones evaluados, hallazgo en consonancia con la mayor prevalencia masculina reportada por Martins et al. [34], el análisis inferencial confirmó que esta diferencia no es estadísticamente significativa. Esto coincide con las observaciones de Betancourt, León y Parirokh, quienes sugieren que la presencia del MB2 es independiente del sexo y la lateralidad, reafirmando que la complejidad del primer molar superior debe ser abordada bajo un protocolo de exploración universal independiente del perfil demográfico del paciente [7,8,12]. Los resultados observados en Mexicali sugieren que, en esta población específica, el clínico debe anticipar la presencia del MB2 con igual rigor independientemente del sexo del paciente.

4.2 El gradiente anatómico: Implicaciones de la complejidad corono-apical

El hallazgo más crítico y distintivo de esta investigación es la documentación del gradiente decreciente de visibilidad radiográfica en sentido corono-apical. La caída drástica del 85.7% en el tercio cervical al 31.4% en el tercio apical representa una pérdida de continuidad visual del 54.3%, la cual demostró ser estadísticamente significativa mediante la prueba Q de Cochran ($Q = 30.632$, $p < 0.001$) y confirmada en las comparaciones de McNemar entre los tercios medio y apical ($p = 0.0005$) así como cervical y apical ($p < 0.0001$). Esta transición guarda una correlación directa con las descripciones histológicas y biológicas de Siqueira, quien ha demostrado mediante cortes seriados que la complejidad del sistema mesiovestibular se intensifica conforme se avanza hacia el ápice [14]. En esta zona, el conducto MB2 a menudo deja de existir como una luz única y se transforma en un delta apical o se ramifica en múltiples conductos accesorios de diámetros microscópicos [2,6].

La invisibilidad del conducto en el 68.6% de los ápices analizados en nuestra muestra (correspondiente a 24 especímenes) no implica necesariamente su ausencia física, sino que pone de manifiesto el límite de resolución de la tecnología actual [5,14]. En este sentido, es fundamental precisar que evaluar la visibilidad o identificabilidad radiográfica mediante CBCT no equivale categóricamente a establecer la presencia o ausencia anatómica real del conducto. Como postula Metzger, los conductos con diámetros inferiores a 100-150 μm son virtualmente invisibles para los sensores de CBCT, funcionando como reservorios donde la infección puede persistir de forma recalcitrante [5].

4.3 La física de la imagen CBCT: Vóxel, ruido y resolución apical

La base física de la pérdida de visibilidad en el tercio apical (31.4%, $p < 0.001$) radica en las limitaciones intrínsecas de la tomografía computarizada de haz cónico, específicamente en el fenómeno denominado efecto de volumen parcial. Mohammad-Rahimi et al. explican que para que una estructura sea detectada con nitidez, su diámetro debe ocupar al menos dos vóxeles de la imagen reconstruida [27,30]. Al reducirse el diámetro del MB2 en el ápice, la estructura suele ocupar solo una fracción del vóxel (que en el presente estudio osciló entre 50 μm y 200 μm), lo que provoca que el software promedie su valor de gris con la densidad de la dentina circundante [2,8,27]. El resultado es una imagen difusa o la desaparición total de la luz del conducto en la pantalla, un reto técnico también discutido por Vizzotto et al. y Mouzinho-Machado et al. en sus análisis sobre la influencia del tamaño del vóxel [28,29].

Además, el ruido cuántico y la modulación de transferencia de contraste (MTF) se ven comprometidos en el tercio apical debido a la mayor densidad de tejido calcificado en el ápice y la posible presencia de artefactos de endurecimiento del haz [7,27,28]. Safi et al. destacan que la gestión de los valores de gris es esencial para cuantificar la calidad de la imagen y en estructuras tan finas como el MB2, la relación señal-ruido cae drásticamente, dificultando el trazado manual dinámico realizado en la metodología [35]. Esta limitación tecnológica subraya que el CBCT debe interpretarse como un mapa de advertencia: la ausencia de imagen apical no descarta la presencia de un conducto permeable que requiera intervención clínica profunda [6,35].

4.4 Persistencia microbiológica en conductos no localizados: El rol del *biofilm*

Biológicamente, la discontinuidad observada en los tercios medio y apical tiene implicaciones severas para el éxito de la terapia [14,15]. Siqueira y Rôças postulan que el fracaso endodóntico no es producto de un patógeno aislado, sino de la persistencia de comunidades organizadas en *biofilms* polimicrobianos embebidos en una matriz de sustancias poliméricas extracelulares (EPS) [14,15]. En conductos no localizados o "invisibles" al CBCT, el *biofilm* encuentra un nicho ideal con baja tensión de oxígeno y potencial redox negativo [6,14]. Bajo estas condiciones, subpoblaciones de bacterias denominadas células persistentes entran en latencia metabólica, haciéndose refractarias a los irrigantes y permitiendo la repoblación del sistema una vez terminado el tratamiento [6, 23].

Nair ha validado estas observaciones demostrando que la periodontitis apical persistente suele estar asociada a microorganismos que residen en áreas no instrumentadas del sistema de conductos, como los tercios apicales del MB2 [23,37,47]. Aunque la literatura sugiere que variaciones en la visibilidad del MB2 pueden asociarse a factores étnicos, genéticos o de mineralización radicular, la naturaleza descriptiva y transversal del presente estudio impide establecer relaciones de causalidad directa o factores microbiológicos/clínicos determinantes. Los hallazgos se limitan a caracterizar la continuidad e identificabilidad del conducto en los volúmenes tomográficos analizados.

4.5 Desafíos clínicos y herramientas de localización avanzada

La dificultad clínica de localizar el MB2, documentada en la presente investigación a través de la pérdida de continuidad, se ve agravada por procesos fisiológicos de calcificación y deposición de dentina secundaria [6,40]. Nasiri et al. y Wang et al. señalan que, en pacientes de edad avanzada, el orificio de entrada suele estar oculto bajo dentina o cálculos pulpares, lo que requiere protocolos de exploración selectiva [21,44]. Los pasos de trazado manual y guía 3D activa empleados en el presente estudio emulan la necesidad clínica de utilizar magnificación extrema y ultrasonido para negociar estos conductos estrechos [6, 12, 39].

Krasner y Rankow establecieron las leyes de la anatomía del piso de la cámara pulpar como una "estrella del norte", destacando que el orificio del MB2 suele estar palatalmente al MB1 y siguiendo la línea del istmo [12,39]. No obstante, cuando la visibilidad cae al 31.4% en el ápice, la negociación clínica guiada se vuelve un imperativo [14]. La integración de herramientas de alta resolución, como las discutidas por Kaur et al. y Prasher et al., permiten una navegación dinámica al trayecto real y evitan errores iatrogénicos [24,36].

4.6 Perspectivas futuras: La Inteligencia Artificial en el diagnóstico anatómico

Los resultados sobre la visibilidad y continuidad radiográfica del MB2 proporcionan los datos necesarios para el entrenamiento de futuros algoritmos de Inteligencia Artificial. Dashti et al., Mansour et al. y Shetty et al. han propuesto el uso de Redes Neuronales Convolucionales (CNN) y arquitecturas U-Net para la detección automática y segmentación del MB2 en cortes axiales de CBCT, los cuales dependen de conjuntos de datos de alta calidad [2,38,20,36].

La categorización en continuidad completa, parcial y no identificable realizada permite que los algoritmos de aprendizaje profundo aprendan a discernir estructuras sutiles en presencia de artefactos de endurecimiento del haz. Alotaibi et al. sugieren que la IA podría reducir significativamente la incidencia de conductos omitidos al alertar al clínico sobre la probabilidad de presencia apical basándose en el análisis de los tercios cervicales [23,26]. El futuro de la endodoncia de mínima invasión (MIE) reside en esta simbiosis entre la interpretación humana experta y la precisión algorítmica, buscando garantizar que aquellos conductos invisibles en la zona apical sean abordados con protocolos de desinfección química avanzados para asegurar el éxito biológico a largo plazo [6,41].

Por ende, la alta prevalencia cervical (85.7%) en Mexicali, contrastada con la drástica caída de identificabilidad apical (31.4%, $p < 0.001$), subraya que el MB2 es un componente intrínseco de la complejidad del molar superior que desafía los límites actuales de la imagenología 3D. El clínico debe trascender la ayuda tomográfica mediante el uso sistemático de magnificación, ultrasonido y un conocimiento de la física de la imagen para abordar exitosamente los reservorios bacterianos que la radiografía no alcanza a discernir [7,40].

5. Conclusiones

La visibilidad tomográfica del conducto MB2 mediante CBCT en la muestra analizada disminuye progresivamente en sentido corono-apical, registrando la mayor identificabilidad en el tercio cervical y la menor en el tercio apical. Esta pérdida de continuidad del trazado tomográfico en los tercios medio y apical evidencia las limitaciones inherentes a la resolución de la CBCT ante conductos de menor calibre, por lo que la no visualización en la imagen tridimensional no descarta la presencia física de la anatomía radicular. En consecuencia, se requiere el uso de magnificación e instrumental complementario en la práctica clínica independientemente del hallazgo tomográfico, considerando que la tomografía computarizada de haz cónico funciona como una herramienta de diagnóstico por imagen y no como un determinante absoluto de la configuración anatómica interna.

6. Limitaciones del estudio y perspectivas futuras

Una de las principales limitaciones de esta investigación radica en el tamaño de la muestra seleccionada ($n=35$) y en su procedencia de un único centro de diagnóstico regional en Mexicali, Baja California. Por ende, los resultados obtenidos describen el comportamiento tomográfico del conducto MB2 únicamente para esta muestra específica y no deben extrapolarse como representativos de la población general del noroeste de México, sirviendo fundamentalmente como un antecedente local para futuros estudios comparativos a mayor escala. Asimismo, al tratarse de un diseño descriptivo y de naturaleza transversal, los datos representan un registro anatómico capturado en un punto temporal específico, lo que impide

establecer relaciones de causa y efecto o evaluar de forma longitudinal la evolución de lesiones periapicales en respuesta a la permeabilización de conductos discontinuos [23,16].

Desde una perspectiva tecnológica, es importante reconocer que, aunque la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) constituye el estándar de oro para el análisis anatómico *in vivo*, su resolución espacial enfrenta limitaciones físicas frente a estructuras de diámetros microscópicos. El Micro-CT permanece como el referente absoluto *ex vivo* debido a su capacidad para capturar detalles en la escala de micras, lo cual es inalcanzable para los sensores clínicos actuales debido a factores como el ruido cuántico y el tamaño del *vóxel* [5,27]. Por lo tanto, la drástica caída en la visibilidad apical detectada en este estudio (31.4%) es, en gran medida, un reflejo de los límites de la tecnología CBCT ante conductos menores a 100-150 μm , los cuales pueden ser físicamente reales, pero radiográficamente invisibles bajo los protocolos actuales [5].

En cuanto a las perspectivas futuras, este trabajo proporciona un conjunto de datos fundamentales sobre la continuidad radiográfica que puede servir como base para el desarrollo de herramientas de diagnóstico automatizado. La integración de la Inteligencia Artificial (IA) representa el siguiente paso evolutivo en la disciplina; investigaciones recientes, como el metaanálisis de Dashti et al., subrayan que los modelos de aprendizaje profundo tienen el potencial de reducir significativamente la incidencia de conductos omitidos al asistir al clínico en la interpretación de volúmenes complejos [40]. Asimismo, el uso de modelos de Machine Learning en cortes axiales, propuesto por Shetty et al., sugiere un rumbo tecnológico donde la segmentación automática basada en patrones de densidad podría estandarizar el diagnóstico del MB2, superando la subjetividad del observador y optimizando el éxito biológico en la terapia endodóntica contemporánea [41].

8. Agradecimientos

El presente proyecto de investigación cuenta con la participación estructurada de especialistas e instituciones clave para su correcto desarrollo y fundamentación científica. La rigurosidad metodológica y el análisis de datos están bajo la estricta responsabilidad del Dr. Álvaro Edgar González-Aragón Pineda, reconocido académico e investigador de la FES Iztacala de la UNAM, aportando su experiencia en el diseño epidemiológico y el procesamiento estadístico de variables complejas. Por su parte, la obtención y provisión de recursos e infraestructura tecnológica —esenciales para los estudios de diagnóstico y gabinete— están respaldados por G Radiológico Mexicali, institución que facilita el equipamiento de vanguardia maxilofacial y general necesario para la viabilidad de la investigación

7. Reconocimiento de autoría

Karla Melissa Basilio Cervantes: Investigación, Metodología, Escritura de borrador; *Irlanda Rivera Torres:* Metodología, Revisión y edición; *Dulce Martha Fuchen Ramos:* Supervisión, Revisión y edición.

Referencias

- [1] S. Srivastava, "Root canal instrumentation: Current trends and future perspectives," *Cureus*, vol. 16, no. 4, e58045, 2024, doi: 10.7759/cureus.58045.
- [2] F. J. Vertucci, "Root canal anatomy of the human permanent teeth," *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, vol. 58, no. 5, pp. 589–599, 1984, doi: 10.1016/0030-4220(84)90085-9.
- [3] H. M. A. Ahmed, M. A. Versiani, G. De-Deus, and P. M. H. Dummer, "A new system for classifying root and root canal morphology," *Int. Endod. J.*, vol. 50, no. 8, pp. 761–770, 2017, doi: 10.1111/iej.12685.
- [4] K. Manik et al., "New frontiers in endodontics: Tackling the mesiobuccal 2 (MB2) canal challenge in the maxillary first molar," *Cureus*, vol. 16, no. 5, e59881, 2024, doi: 10.7759/cureus.59881.
- [5] Z. Metzger and A. Kfir, "Interpretation of cone-beam computed tomography scans of mesio-buccal roots of maxillary molars: Developmental and technological considerations," *Med. Res. Arch.*, vol. 13, no. 10, 2025, doi: 10.18103/mra.v13i10.6980.
- [6] F. B. Teixeira, C. L. Sano, B. P. F. A. Gomes, A. A. Zaia, C. C. R. Ferraz, and F. J. Souza-Filho, "A preliminary in vitro study of the incidence and position of the root canal isthmus in maxillary and mandibular first molars," *Int. Endod. J.*, vol. 36, no. 4, pp. 276–280, 2003, doi: 10.1046/j.1365-2591.2003.00638.x.
- [7] P. Betancourt, R. Fuentes, S. Aracena Rojas, M. Cantín, and P. Navarro Cáceres, "Prevalencia del segundo canal en la raíz mesiovestibular de los primeros molares maxilares mediante tomografía computarizada de haz de cono," *Av. Odontoestomatol.*, vol. 29, no. 1, pp. 31–36, 2013. [En Línea]. Disponible: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852013000100004
- [8] Y. Zhang et al., "Assessment of the second mesiobuccal root canal in maxillary first molars: A cone-beam computed tomographic study," *J. Endod.*, vol. 43, no. 12, pp. 1990–1996, 2017, doi: 10.1016/j.joen.2017.06.021.
- [9] J. C. Kulid and D. D. Peters, "Incidence and configuration of canal systems in the mesiobuccal root of maxillary first and second molars," *J. Endod.*, vol. 16, no. 7, pp. 311–317, 1990, doi: 10.1016/S0099-2399(06)81940-0.
- [10] N. M. Aung and K. K. Myint, "Diagnostic accuracy of CBCT for detection of second canal of permanent teeth: A systematic review and meta-analysis," *Int. J. Dent.*, vol. 2021, 1107471, 2021, doi: 10.1155/2021/1107471.
- [11] M. M. A. Alhomaidhi et al., "Mapping root and canal anatomy in Saudi populations using cone-beam computed tomography: Prevalence, classification, and clinical implications for endodontic practice," *J. Tazeez Public Health*, vol. 2, no. 3, pp. 9–16, 2025. [En Línea]. Disponible: <https://tazeezjournal.com/index.php/tphj/article/view/1>
- [12] C. J. León Araujo, "Prevalencia del segundo conducto mesiovestibular en primeros molares superiores y su clasificación Vertucci. Análisis tomográfico. Periodo abril 2023–abril 2025," Universidad de los hemisferios, Quito, Ecuador, 2026. [En Línea]. Disponible: <https://dspace.uhemisferios.edu.ec/items/a2d0ac8f-747d-4573-8a9b-1b29dfeefa60>
- [13] R. Zhuk, S. Taylor, J. D. Johnson, and A. Paranjpe, "Locating the MB2 canal in relation to MB1 in maxillary first molars using CBCT imaging," *Aust. Endod. J.*, vol. 46, no. 2, pp. 184–190, 2020, doi: 10.1111/aej.12414.
- [14] J. F. Siqueira and I. N. Rôças, "Present status and future directions: Microbiology of endodontic infections," *Int. Endod. J.*, vol. 55, suppl. 3, pp. 512–530, 2022, doi: 10.1111/iej.13677.
- [15] J. F. Siqueira Jr., I. das N. Rôças, M. F. Marceliano-Alves, A. R. Pérez, and D. Ricucci, "Unprepared root canal surface areas: Causes, clinical implications, and therapeutic strategies," *Braz. Oral Res.*, vol. 32, suppl. 1, e65, 2018, doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0065.

- [16] M. Al Fartousi and C. R. Gernhardt, "Prevalence of unfilled MB2 canals and their association with apical periodontitis: A CBCT-based cross-sectional study in a German population," *Diagnostics*, vol. 16, no. 5, 796, 2026. doi.org/10.3390/diagnostics16050796
- [17] F. S. Weine, H. J. Healey, H. Gerstein, and L. Evanson, "Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance," *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, vol. 28, no. 3, pp. 419–425, 1969, doi: 10.1016/0030-4220(69)90237-0.
- [18] M. I. Karobari et al., "Root and root canal morphology classification systems," *Int. J. Dent.*, vol. 2021, 6682189, 2021, doi: 10.1155/2021/6682189.
- [19] M. S. Coelho, M. F. L. S. Lacerda, M. H. Chagas Silva, and M. de A. Rios, "Locating the second mesiobuccal canal in maxillary molars: Challenges and solutions," *Clin. Cosmet. Investig. Dent.*, vol. 10, pp. 195–202, 2018, doi: 10.2147/ccide.s154641.
- [20] P. Krasner and H. J. Rankow, "Anatomy of the pulp-chamber floor," *J. Endod.*, vol. 30, no. 1, pp. 5–16, 2004. [En Línea]. Disponible: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14760900/>
- [21] K. Nasiri et al., "Managing the second mesiobuccal canal of maxillary first molars," *J. Dent. Sci.*, vol. 19, no. 6, pp. 1886–1887, 2024, doi: 10.1016/j.jds.2024.05.011
- [22] H. S. Farrash et al., "Impact of visual magnification on MB2 canal detection in a laboratory-based study using standardized 3D-printed maxillary molars," *Appl. Sci.*, vol. 16, no. 1, 493, 2026. doi.org/10.3390/app16010493
- [23] B. B. Alotaibi, K. I. Khan, M. Q. Javed, S. D. Dutta, S. S. Shaikh, and N. M. Almutairi, "Relationship between apical periodontitis and missed canals in mesio-buccal roots of maxillary molars: CBCT study," *J. Taibah Univ. Med. Sci.*, vol. 19, no. 1, pp. 18–27, 2024, doi: 10.1016/j.jtumed.2023.08.009.
- [24] K. Kaur et al., "Exploring technological progress in three-dimensional imaging for root canal treatments: A systematic review," *Int. Dent. J.*, vol. 75, no. 2, pp. 1097–1112, 2025, doi: 10.1016/j.identj.2024.05.014.
- [25] J. Parker, A. Mol, E. M. Rivera, and P. Tawil, "CBCT uses in clinical endodontics: The effect of CBCT on the ability to locate MB2 canals in maxillary molars," *Int. Endod. J.*, vol. 50, no. 12, pp. 1109–1115, 2017, doi: 10.1111/iej.12736.
- [26] S. L. Sousa Melo et al., "AAE and AAOMR Joint Position Statement: Use of Cone-Beam Computed Tomography in Endodontics 2025 Update," *J. Endod.*, vol. 52, no. 1, pp. 4–13, 2026, doi: 10.1016/j.joen.2025.09.008.
- [27] H. Mohammad-Rahimi, S. A. Ourang, A. Nosrat, R. Spin-Neto, and R. Pauwels, "Effect of voxel size on cone-beam computed tomography-based assessment of root canal anatomy: A systematic review and meta-analysis," *Int. Endod. J.*, vol. 59, no. 4, pp. 574–589, 2026, doi: 10.1111/iej.70092.
- [28] S. Mouzinho-Machado, L. de P. L. Rosado, F. Coelho-Silva, F. S. Neves, F. Haiter-Neto, and S. L. de-Azevedo-Vaz, "Influence of voxel size and filter application in detecting second mesiobuccal canals in cone-beam computed tomographic images," *J. Endod.*, vol. 47, no. 9, pp. 1391–1397, 2021, doi: 10.1016/j.joen.2021.06.011.
- [29] M. B. Vizzotto, P. F. Silveira, N. A. Arús, F. Montagner, B. P. F. A. Gomes, and H. E. D. da Silveira, "CBCT for the assessment of second mesiobuccal MB2 canals in maxillary molar teeth: Effect of voxel size and presence of root filling," *Int. Endod. J.*, vol. 46, no. 9, pp. 870–876, 2013, doi: 10.1111/iej.12075.
- [30] J. Wolcott, D. Ishley, W. Kennedy, S. Johnson, S. Minnich, and J. Meyers, "A 5 yr clinical investigation of second mesiobuccal canals in endodontically treated and retreated maxillary molars," *J. Endod.*, vol. 31, no. 4, pp. 262–264, 2005, doi: 10.1097/01.don.0000140581.38492.8b
- [31] G. A. Carrillo-Sánchez, L. A. Camacho-Aparicio, and A. Rodríguez-Hidalgo, "Localización del conducto mesiovestibular 2 (MV2) en segundos molares superiores mediante el análisis de CBCT," *Rev. Odontol. Mex.*, vol. 26, no. 4, 2022, doi: 10.22201/fo.1870199xp.2022.26.4.81239.

- [32] F. Peña-Bengoa, C. Cáceres, S.-E. Niklander, and P. Meléndez, “Association between second mesiobuccal missed canals and apical periodontitis in maxillary molars of a Chilean subpopulation,” *J. Clin. Exp. Dent.*, vol. 15, no. 3, pp. e173–e176, 2023, doi: 10.4317/jced.60156.
- [33] A. Rouhani, S. Aboutorabzadeh, M. Reyhani, N. Kheirabadi, S. Mortazavi, and S. Navabi, “Prevalence of missed canals in endodontically treated teeth: A cone-beam computed tomography study,” *J. Clin. Exp. Dent.*, vol. 15, no. 8, pp. e605–e611, 2023, doi: 10.4317/jced.60282.
- [34] J. Martins et al., “Worldwide analyses of maxillary first molar second mesiobuccal prevalence: A multicenter cone-beam computed tomographic study,” *J. Endod.*, vol. 44, no. 11, pp. 1641–1649.e1, 2018, doi: 10.1016/j.joen.2018.07.027.
- [35] Y. Safi, M. Ghazizadeh Ahsaie, and M. Jafarian Amiri, “Effect of the field of view size on CBCT artifacts caused by the presence of metal objects in the exomass,” *Int. J. Dent.*, vol. 2022, 2071108, 2022, doi: 10.1155/2022/2071108.
- [36] P. Prasher et al., “Revolutionizing root canal treatment: A review of minimally invasive endodontics,” *Bioinformation*, vol. 21, no. 8, pp. 2504–2509, 2025, doi: 10.6026/973206300212504.
- [37] L. M. Blank-Gonçalves, E. J. N. L. da Silva, M. C. C. Nascimento, A. G. Limoeiro, and L. R. C. Manhães-Jr, “Anatomical configuration of the MB2 canal using high-resolution cone-beam computed tomography,” *J. Endod.*, vol. 51, no. 5, pp. 609–615, 2025, doi: 10.1016/j.joen.2025.01.006.
- [38] L. Albitar, T. Zhao, C. Huang, and M. Mahdian, “Artificial intelligence (AI) for detection and localization of unobturated second mesial buccal (MB2) canals in cone-beam computed tomography (CBCT),” *Diagnostics*, vol. 12, no. 12, 3214, 2022, doi: 10.3390/diagnostics12123214.
- [39] S. Mansour, E. Anter, A. K. Mohamed, M. M. Dahaba, and A. Mousa, “Two step approach for detecting and segmenting the second mesiobuccal canal of maxillary first molars on cone beam computed tomography (CBCT) images via artificial intelligence,” *BMC Oral Health*, vol. 25, no. 1, 1404, 2025, doi: 10.1186/s12903-025-06796-4.
- [40] M. Dashti and K. Baghaei, “Use of artificial intelligence for detection of MB2 canals in maxillary first molars on CBCT: A systematic review and meta-analysis,” *BMC Oral Health*, vol. 25, no. 1, 1860, 2025, doi: 10.1186/s12903-025-07254-x.
- [41] S. Shetty et al., “Machine learning models in the detection of MB2 canal orifice in CBCT images,” *Int. Dent. J.*, vol. 75, no. 3, pp. 1640–1648, 2025, doi: 10.1016/j.identj.2025.02.025.
- [42] P. Navarro, I. Alemán, C. Sandoval, C. Matamala, and G. Corsini, “Statistical testing methods for data analysis in dental morphology,” *Int. J. Morphol.*, vol. 38, no. 5, pp. 1317–1324, 2020. [En Línea]. Disponible: <https://www.scielo.cl/pdf/ijmorphol/v38n5/0717-9502-ijmorphol-38-05-1317.pdf>
- [43] L. Naing, T. Winn, and B. Rusli, “Practical Issues in Calculating the Sample Size for Prevalence Studies,” *Archives of Orofacial Sciences*, vol. 1, pp. 9–14, 2006 [En Línea]. Disponible: https://aos.usm.my/docs/Vol_1/09_14_ayub.pdf
- [44] M. Wang, Y. Gao, Q. Deng, Y. Gao, D. Song, and D. Huang, “Assessment of the coronal root canal morphology of permanent maxillary first molars using digital 3D-reconstruction technology based on micro-computed tomography data,” *J. Dent. Sci.*, vol. 18, no. 2, pp. 586–593, 2023, doi: 10.1016/j.jds.2022.08.011.
- [45] B. M. Hiebert, K. Abramovitch, D. Rice, and M. Torabinejad, “Prevalence of second mesiobuccal canals in maxillary first molars detected using cone-beam computed tomography, direct occlusal access, and coronal plane grinding,” *J. Endod.*, vol. 43, no. 10, pp. 1711–1715, 2017, doi: 10.1016/j.joen.2017.05.011.
- [46] M. Parirokh, H. Manochehrifar, S. Kakooei, N. Nakhaei, and P. Abbott, “Variables that affect the ability to find the second mesiobuccal root canals in maxillary molars,” *Iran. Endod. J.*, vol. 18, no. 4, pp. 248–253, 2023, doi: 10.22037/iej.v18i4.42260.

[47] N. P. R. Nair, “On the causes of persistent apical periodontitis: A review,” *Int. Endod. J.*, vol. 39, no. 4, pp. 249–281, 2006, doi: 10.1111/j.1365-2591.2006.01099.x

Derechos de Autor (c) 2026 Karla Melissa Basilio Cervantes, Irlanda Rivera Torres, Dulce Martha Fuchen Ramos



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)