

**CARACTERIZACIÓN DE LA MORFOLOGÍA DE LOS CONDUCTOS
RADICULARES DE ALGUNOS DIENTES PERMANENTES EN UNA
SUBPOBLACIÓN COLOMBIANA UN ESTUDIO CON TOMOGRAFÍA
COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO**

AUTORES

DANIEL SANTIAGO NARANJO RAMÍREZ
DIEFFERSON DAVID CALDERÓN ARIAS
JESSICA BENAVIDES CAMACHO
JUAN FELIPE PESTANA GUTIÉRREZ
JUAN PABLO CAYCEDO MEDINA
JORGE STEVEN MOYA MURCIA
JURGEN SUÁREZ MONCALEANO
LHAURA XIMENA SUÁREZ CHACÓN
LILIAM MARCELA CONTRERAS IBARRA
LUIS ALFONSO PACHÓN AYALA

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA UNICOC
ÁREA DE EDUCACIÓN AVANZADA Y CONTINUADA
POSTGRADO EN ENDODONCIA
BOGOTÁ D.C
2024**

**CARACTERIZACIÓN DE LA MORFOLOGÍA DE LOS CONDUCTOS
RADICULARES DE ALGUNOS DIENTES PERMANENTES EN UNA
SUBPOBLACIÓN COLOMBIANA UN ESTUDIO CON TOMOGRAFÍA
COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO**

AUTORES

DANIEL SANTIAGO NARANJO RAMÍREZ

DIEFFERSON DAVID CALDERÓN ARIAS

JESSICA BENAVIDES CAMACHO

JUAN FELIPE PESTANA GUTIÉRREZ

JUAN PABLO CAYCEDO MEDINA

JORGE STEVEN MOYA MURCIA

JURGEN SUÁREZ MONCALEANO

LHAURA XIMENA SUÁREZ CHACÓN

LILIAM MARCELA CONTRERAS IBARRA

LUIS ALFONSO PACHÓN AYALA

ASESOR CIENTÍFICO Y METODOLÓGICO:

Dr. Néstor Ríos Osorio

Odontólogo Especialista en Endodoncia, Implantología oral,
PhD Program, Biomedical Sciences, Universidad El Bosque

Dra. Sandra Milena Briñez Rodríguez
Odontóloga Especialista en Endodoncia
Pontificia Universidad Javeriana

ASESOR ESTADÍSTICO

DR. Gerardo Ardila

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA UNICOC
ÁREA DE EDUCACIÓN AVANZADA Y CONTINUADA
POSTGRADO EN ENDODONCIA
BOGOTÁ D.C
2024**

El Trabajo de grado “**Caracterización de la morfología de los conductos radiculares de algunos dientes permanentes en una subpoblación colombiana un estudio con tomografía computarizada de haz cónico**”. Fue elaborado por **Daniel Santiago Naranjo Ramírez, Diefferson David Calderón Arias, Jessica Benavides Camacho, Juan Felipe Pestana Gutiérrez, Juan Pablo Caycedo Medina, Jorge Steven Moya Murcia, Jurgen Suárez Moncaleano, Lhaura Ximena Suárez Chacón, Liliam Marcela Contreras Ibarra y Luis Alfonso Pachón Ayala** como requisito para optar por el título de especialista en Endodoncia.

**La sustentación se llevó a cabo 15 de noviembre de 2024.
Acta No.**

Dr.(a). Néstor Ríos Osorio
Rodríguez
Asesor(a) Científico(a)

Dr.(a). Sandra Milena Briñez
Asesor(a) Metodológico(a)

Dra. Sonia Rubiela Unriza Puin
Directora Centro Investigación
Colegio Odontológico- CICO (BOGOTÁ)

Dra. Sandra Elizabeth Aguilera Rojas
Directora de Investigación y Gestión del Conocimiento
Institución Universitaria Colegios de Colombia - UNICOC

DEDICATORIA

A nuestra familia, cuya paciencia, amor y apoyo incondicional han sido nuestro pilar durante cada etapa de este desafío académico. A nuestros padres, por inculcarnos desde niños la importancia de la educación, el trabajo arduo y la perseverancia. Gracias por su ejemplo de esfuerzo y resiliencia, que ha sido la inspiración para seguir adelante en los momentos más complejos.

Dedicamos este logro también a nuestros pacientes, quienes, con sus historias y confianza, nos enseñaron lecciones de humildad, compasión y profesionalismo. Sus sonrisas y su bienestar son la máxima recompensa y la razón por la que elegimos esta profesión.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a nuestros tutores de tesis, Dr. Néstor Ríos y Dra. Sandra Briñez por su guía experta, paciencia y consejos invaluable que enriquecieron este trabajo y nuestra formación como endodoncistas. Gracias por compartir su conocimiento y motivarnos a alcanzar la excelencia académica.

A nuestros compañeros de posgrado, por su apoyo constante. Compartimos noches de estudio, horas interminables en clínica y muchas risas que hicieron que este viaje fuera más llevadero y memorable.

A los profesores de la Institución Universitaria Colegios de Colombia que contribuyeron a nuestra formación con su conocimiento y dedicación, gracias por inspirar nuestro crecimiento personal y profesional.

Por último, a nuestros amigos y seres queridos, quienes nos animaron a seguir adelante y nos recordaron que cada pequeño paso cuenta. Gracias por creer en nosotros cuando las dudas se asomaban y por ser nuestra red de apoyo incondicional.

A todos ustedes, gracias de corazón por hacer posible este sueño.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2. JUSTIFICACIÓN	6
3. PROPÓSITO	8
4. ANTECEDENTES	9
4.1 Primer molar superior	9
4.2 Segundo molar superior	11
4.3 Primer premolar inferior	12
4.4 Segundo molar inferior	14
5. MARCO TEÓRICO	19
5.1 Odontogénesis y desarrollo del sistema de conductos radiculares	19
5.2 Clasificación de Vertucci y sus configuraciones	21
5.3 Análisis del grado de curvatura	24
6. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	26
6.1 Objetivo general	26
6.2 Objetivos específicos	26
7. ASPECTOS METODOLÓGICOS	27
7.1 Tipo de estudio	27
7.2 Objeto de estudio	27

7.3 Material objeto de estudio	27
8. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	28
8.1 Muestra	28
8.2 Criterios de selección	28
8.2.1 Criterios de inclusión	28
8.2.2 Criterios de exclusión	28
8.3 Procedimiento	29
8.4 Definición y operacionalización de variables	31
8.4.1 Variables Independientes	31
8.4.2 Variables dependientes	31
8.5 Instrumento	31
8.6 Operacionalización de variables	32
8.7 Aspectos éticos	33
8.8 Análisis estadístico	34
9. RESULTADOS	36
10. DISCUSIÓN	56
11. CONCLUSIONES	64
12. RECOMENDACIONES	66
13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS	80
TABLAS	89
FIGURAS	105

LISTAS ESPECIALES

Figura 1 Clasificación de Vertucci primer molar superior	10
Figura 2 Clasificación de Vertucci segundo molar superior	15
Figura 3 Clasificación de conductos en forma de "C"	16
Figura 4 Variaciones anatómicas de los conductos en forma de "C"	17
Figura 5 Clasificación de Vertucci	22
Figura 6. Evaluación del ángulo de Curvatura según Schneider	25
Figura 7 Modelo piloto 3D	31
Tabla 1 Operacionalización de las variables	33
Gráfica 1 Distribución por género	36
Tabla 2 Resultados número de raíces	37
Tabla 3 Resultados número de conductos	39
Tabla 4 Distribución de conductos por raíz en cada diente	41
Gráfica 2 Longitud de las bifurcaciones de primeros premolares inferiores	48
Tabla 5 Resultados clasificación de Vertucci	49
Tabla 6 Resultados variaciones anatómicas	51
Tabla 7 Resultados clasificación de conductos en forma de "C"	52
Tabla 8 Resultados forma de la raíz	54

GLOSARIO

Ápice: Punta o extremo de la raíz.

Conducto radicular: Conducto en la raíz del diente que se extiende desde la cámara pulpar hasta el foramen apical. Puede ser único o múltiple, tener ramificaciones laterales y/o exhibir una morfología irregular.

Conducto radicular en C: Conducto que presenta una anatomía con la forma de la letra "C".

Complicación: Agravamiento de una enfermedad o de un procedimiento médico con una patología intercurrente, que aparece espontáneamente con una relación causal más o menos directa con el diagnóstico o el tratamiento aplicado.

Cresta neural: Se considera el cuarto tejido embrionario derivado del ectodermo, la cual constituye un éxito de la adaptación evolutiva de los vertebrados y da origen a un disímil conjunto de estructuras definitivas integrantes de diferentes sistemas orgánicos.

Dentinogénesis: Formación de dentina.

Desinfección: Término inespecífico que implica la destrucción de microorganismos patógenos por medio de la acción de agentes químicos.

Ectodermo: Membrana que se crea durante el desarrollo del embrión, para dar formación a estructuras del sistema nervioso, piel y a otras regiones importantes del

cuerpo. Por eso junto a las otras dos membranas (endodermo y mesodermo) son capaces de crear nuevos órganos, necesarios para la vida del ser humano.

Ectomesénquima: Se denomina ectomesénquima al mesénquima derivado de las células de las crestas neurales que migran hacia la cavidad bucal. Su nombre se debe a que estas células se originan del ectodermo, pero forman tejido conjuntivo laxo y se encuentran ubicadas dentro de tejido derivado del mesodermo.¹ Más tarde en el desarrollo, el ectomesénquima dará lugar a estructuras más especializadas de los dientes, como la dentina, la pulpa dentaria, el cemento, el ligamento perialveolar y el hueso alveolar.

Estudio descriptivo: Método de investigación que consiste en observar y describir el comportamiento, las características o las condiciones de una determinada población o fenómeno sin manipular ninguna variable. El objetivo principal de los estudios descriptivos es ofrecer un relato detallado y preciso de un fenómeno o población, normalmente mediante el uso de diversas técnicas de recopilación de datos, como encuestas, entrevistas y observaciones.

Furcación: Área anatómica donde divergen las raíces de un diente multirradicular.

Instrumento endodóntico: Pequeñas limas con conicidad determinada continua o progresiva con longitudes estandarizadas que se fabrican por torsión o tallado para el manejo de conductos radiculares.

Instrumentación rotatoria o mecánica: Conformación, limpieza y ensanchamiento de los conductos mediante instrumentos endodónticos rotatorios montados en motores específicamente fabricados para ello.

Irrigación: Procedimiento mediante el cual se lava el o los conductos con el flujo de un líquido. En endodoncia, la irrigación facilita la remoción física de restos tisulares o materiales del conducto radicular y la introducción de agentes químicos con una acción antimicrobiana y disolvente de tejidos.

Irrigantes: Líquidos utilizados para la irrigación intracanal; algunos ejemplos incluyen hipoclorito de sodio, solución salina, clorhexidina, peróxido de hidrógeno y EDTA.

Istmo: Una comunicación delgada entre dos o más canales en la misma raíz o entre elementos vasculares en los tejidos.

Morfogénesis: Proceso que atraviesa un organismo para adoptar su forma. Mediante la morfogénesis, el embrión va desarrollando la estructura correspondiente a su especie a través de cambios sucesivos en los tejidos, en los órganos y a nivel global.

Obturación: Acción de rellenar una cavidad.

Odontoblasto: células especializadas ubicadas en la periferia de la pulpa dental, responsables de la formación de la dentina, uno de los tejidos duros que componen los dientes. Estas células desempeñan un papel crucial en el desarrollo dental, así

como en los procesos de reparación y mantenimiento de la dentina a lo largo de la vida de un individuo.

Odontogénesis: Proceso de desarrollo de los dientes, que abarca desde las etapas iniciales de formación embrionaria hasta la erupción dental y la formación de la raíz. Este proceso multifacético implica una serie de eventos celulares y moleculares coordinados, incluyendo la proliferación, diferenciación, y apoptosis celular, que resultan en la formación de los diferentes tejidos dentales: esmalte, dentina, pulpa, cemento, y periodonto

Patología periapical: Enfermedad de asociación bacteriana en gran medida. Debido a la filtración y transporte de microorganismos a lo largo de los túbulos dentinarios hacia la pulpa dental y esta sufre daño necrótico de forma parcial o total,

Periapical: Tejidos relacionados al periápice.

Planos de referencia de tomografía computarizada (CBCT):

Axial: Plano paralelo al suelo, que separa la cabeza de los pies.

Sagital: Plano de adelante hacia atrás, que divide el cuerpo en derecho e izquierdo.

Coronal: Plano de lado a lado, que divide el cuerpo en parte delantera y trasera.

Preparación biomecánica: Procedimientos necesarios realizados para limpiar y conformar el sistema de conductos radiculares previo a su obturación ayudados de sustancias químicas para la irrigación, disolución y neutralización de las bacterias, sus toxinas y los productos de desintegración tisular.

Pulpa dental: Tejido conectivo con una rica vascularización y una inervación especializada de origen mesenquimático. Está ubicada en el conducto del diente y rodeado por dentina. Sus funciones son dentinogénicas, nutritivas y sensoriales.

Raíz: Porción anatómica del diente que está cubierta por cemento normalmente ubicada en su alveolo óseo.

Sellado: Obturación total de conducto radicular.

Tratamiento de conducto: Forma informal del público para referirse a un tratamiento endodóntico.

Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT): Imagen radiográfica tridimensional de un haz en forma de cono para evaluar los dientes y las estructuras de soporte.

Túbulo dentinal: Conducto circular en la matriz dentinaria que contiene al proceso odontoblástico y luido. Un túbulo dentinario típico tiene un diámetro de 3 a 4 micras en su terminación pulpar y cerca de 1 micrón en la unión amelo dentinal.

Unión amelo dentinal: Área donde se encuentran el esmalte con la dentina.

Vaina epitelial de Hertwing: Doble línea de células del epitelio interno y externo del esmalte que prolifera y crece alrededor de la papila dental. Ella induce la diferenciación de los odontoblastos de las células de la periferia de la papila dental, definiendo la conformación de la raíz.

Variabilidad: Medida de la variación observada en un conjunto de observaciones definida por la suma de los cuadrados de las desviaciones de la media.

INTRODUCCIÓN

La comprensión detallada de la anatomía del sistema de conductos radiculares y sus variaciones es crucial para el éxito en la terapia endodóntica, ya que permite prevenir complicaciones y asegurar tratamientos eficaces. Factores como el número, forma y longitud de los conductos radiculares condicionan los protocolos de limpieza, conformación, irrigación y sellado, fundamentales para reducir la carga microbiológica. Sin embargo, la alta variabilidad anatómica de los conductos dificulta una desinfección completa, y en Colombia los profesionales deben basarse en estudios de otros países, que no siempre reflejan las características específicas de la población colombiana.

En este contexto, este estudio descriptivo tuvo como objetivo principal describir las características morfológicas y variaciones anatómicas del sistema de conductos radiculares de dientes permanentes en una subpoblación colombiana evaluados mediante tomografías de haz cónico (CBCT) y busca contribuir al conocimiento de la morfología de los conductos radiculares mediante el análisis tomográfico además de la creación de modelos 3D para una exploración precisa de las estructuras radiculares, facilitando una comprensión más detallada y actualizada de las variaciones anatómicas propias de esta subpoblación, lo que contribuirá como medio de consulta e investigaciones futuras a optimizar los tratamientos endodónticos y disminuir los riesgos de fracaso.

Los resultados se expresaron de acuerdo con el plan de análisis; se presenta la discusión y su contrastación con otros estudios y por último las conclusiones y recomendaciones.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El conocimiento de la compleja anatomía del sistema de conductos radiculares y la posible aparición de variaciones en su estructura es importante para lograr resultados predecibles y evitar complicaciones en una terapia endodóntica (1).

La terapia endodóntica tiene como objetivos conservar la vitalidad pulpar y mantener o restablecer la salud de los tejidos periapicales (2). Esta terapia tiene altas tasas de éxito siempre que el protocolo esté bien establecido en la mecánica de los instrumentos endodónticos como en la acción de sus irrigantes químicos para la disminución de la carga microbiológica o desinfección de los sistemas de conductos radiculares. De esta manera el protocolo incorpora la secuencia de limpieza, conformación o preparación mecánica, irrigación, obturación tridimensional y selle coronal (3).

En el cumplimiento de estos objetivos para lograr prevenir o tratar las diferentes patologías pulpares, el conocimiento de la anatomía radicular y sus variantes es fundamental porque condiciona el protocolo de manejo que sumado al diagnóstico inicial determina el éxito a largo plazo del procedimiento (4). La anatomía radicular hace referencia al número, forma, longitud y presencia de conductos adicionales o alguna otra alteración (5).

Las infecciones endodónticas son de naturaleza polimicrobiana (6). La preparación químico-mecánica del conducto radicular elimina los residuos dentinales para que

la solución utilizada como irrigante pueda alcanzar la longitud total del conducto radicular logrando reducir el número de microorganismos y con esto favorecer la recuperación del tejido perirradicular (7); debido a la anatomía altamente variable del sistema de conductos la instrumentación es incompleta, se ha comprobado que por lo menos el 35 % de las superficies de los conductos radiculares queda sin instrumentar y a pesar de que la instrumentación manual o rotatoria elimina la mayor cantidad de microorganismos, la disposición anatómica de conductos adicionales así como de los mismos túbulos dentinales permiten la presencia de microorganismos residuales, remanentes de restos pulpares y contenido inorgánico. Es así que la irrigación es muy importante ya que estas sustancias irrigantes logran alcanzar lugares inaccesibles para la instrumentación y así ejercer sus efectos antimicrobianos y de disolución de tejidos (8).

Se conocen reportes de la morfología del sistema de conductos radiculares en diferentes poblaciones del mundo, pero hasta la fecha son muy escasos los presentados en Colombia. Históricamente la información científica pertinente a la práctica de la endodoncia en Colombia, se ha analizado generalmente en base a estudios desarrollados en otros países de mayor adelanto científico y de forma empírica en algunos casos (6,9), dado que incorpora como un patrón de descripción normal la anatomía que presenta mayor prevalencia en otras poblaciones; creando tal vez una percepción errónea que la propia anatomía característica colombiana fuese anormal o poco común.

Basado en lo anterior, desde la perspectiva clínica, el conocimiento de la anatomía radicular y de los conductos radiculares, tanto en forma, tamaño y cantidad, es absolutamente necesario para los profesionales en endodoncia en busca de tratamientos exitosos y en la disminución de la probabilidad del fracaso endodóntico (10).

De lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las principales características y variaciones morfológicas que se encuentran en el sistema de conductos radiculares de dientes permanentes de una población colombiana evaluados mediante CBCT?

2. JUSTIFICACIÓN

Los Endodoncistas pueden enfrentar desafíos clínicos como resultado de la morfología del conducto radicular. Los procedimientos son sensibles a la técnica, por lo tanto, exponen al endodoncista a causar daños a los pacientes por malas prácticas (11). El tratamiento de endodoncia involucra procedimientos tanto operativos como quirúrgicos, utilizando una variedad de medicamentos y técnicas. Los errores intraoperatorios que están relacionados a la morfología del sistema de conductos radiculares incluyen perforaciones del conducto radicular, formación de salientes que conducen a transporte apical o cierre y fractura de instrumentos (12). Las curvaturas naturales de la formación radicular y las complejas variaciones anatómicas internas del sistema de conductos radiculares pueden presentar un alto grado de dificultad para alcanzar los objetivos terapéuticos. En los dientes infectados, las bacterias pueden persistir no solo en áreas de difícil acceso, como istmos, ramificaciones, túbulos dentinarios y cavidades de los conductos en forma de C, ovalados o aplanados, sino también en áreas de la pared del conducto principal que permanecen intactas, constituyendo así una serie de riesgos que pueden conducir al fracaso endodóntico (13).

Una forma de superar estos desafíos durante la terapia de endodoncia es tener conocimiento de la morfología de los conductos radiculares especialmente de cada grupo de dientes con mayor variabilidad anatómica reportada; como se ha demostrado en diferentes estudios, estas características y variaciones morfológicas

se asocian a variables como la edad, la etnicidad, el género y el área geográfica. La probabilidad de predecir un sistema complejo de conductos radiculares con una marcada preferencia por la identidad étnica colombiana sería un beneficio clínico para el endodoncista nativo (11). Aunque la variabilidad morfológica del sistema de conductos radiculares en su concepto mismo es impredecible, una disposición teórica descriptiva para la población colombiana, puede contribuir en los endodoncistas como orientación para una mejor comprensión de la morfología que se espera y así contribuir a la disminución significativa de las diferentes problemáticas mencionadas. Este estudio pretende proporcionar una librería de consulta actualizada de las características y variaciones del sistema de conductos radiculares en una población colombiana que favorezca este propósito y de igual forma destaque la necesidad de seguir investigando y profundizando en el tema.

3. PROPÓSITO

El propósito de esta investigación es contribuir en la descripción de la morfología de los conductos radiculares en algunos grupos dentales de una subpoblación colombiana mediante el análisis de tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT) la cual es la herramienta más exitosa para explorar la anatomía del conducto radicular de forma precisa (5).

4. ANTECEDENTES

Es importante para el clínico el conocimiento de la morfología de los conductos radiculares y sus diferentes variaciones para el éxito del tratamiento endodóntico; los cuales pueden variar según diferentes razas y grupos poblacionales(21). Existen distintas variaciones en la configuración radicular que presentan los diferentes grupos de dientes. A continuación, se presentan los dientes con mayor variabilidad reportada en la literatura (22).

4.1 Primer Molar Superior

Se ha reportado que el primer molar superior en 95,9% tienen tres raíces; una raíz mesiovestibular (MV), una raíz distovestibular (DV) y una raíz palatina(P)(8). y un 3,9% tiene dos raíces (23). Tiene una incidencia de fusión de dos o tres raíces de aproximadamente 5,2% la raíz DV a la palatina, con menor frecuencia se fusionan las raíces DV y MV (23). Raramente presenta raíces y conductos cónicos, por otra parte, presenta conductos en forma de C en un 0,12% (23). La prevalencia de encontrar dos conductos en la raíz MV según un estudio por medio de CBCT es de 73,8%, variando de 48% en Venezuela al 97,6% en Bélgica. La incidencia en hombres es de 76,3% y mujeres fue de 71,8% (24). En canal MV se encontró una

incidencia de dos canales en un 56,8%, y de un canal en 43,1%, se encontró único foramen apical en 61,6 % de las veces, mientras que dos forámenes apicales separados estuvieron presentes el 38,3 % de las veces (23). En un estudio realizado a la población colombiana se encontró una configuración de conductos en la raíz MV con una incidencia de configuraciones de Vertucci II del 41,59 % y IV fue del y 58,40 % (25). **Figura 1.** La raíz DV es de un solo conducto en el 98,3 %, se encontraron dos canales en 1,7% de las veces, mientras que la raíz palatina tenía un conducto en más de 99% y un solo foramen en 98,8% de los dientes estudiados (23).

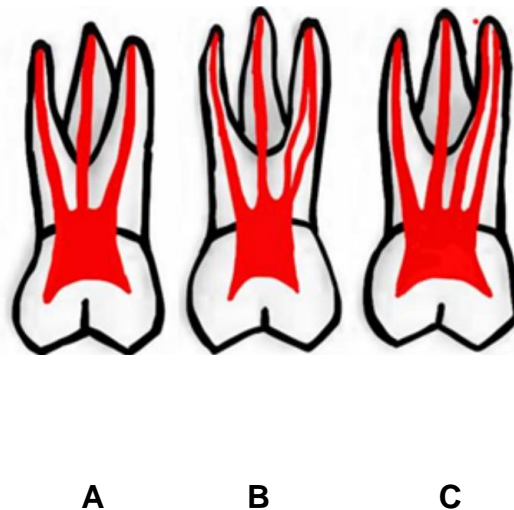


Figura 1. Clasificación de Vertucci. Primer molar superior. Naranjo D, Caycedo J, Camacho J. Vista vestibular de un primer molar superior. figura A se observa variación tipo I en raíz mesiovestibular, figura B variación tipo IV en raíz mesiovestibular, figura C Variación tipo II en raíz mesiovestibular.

4.2 Segundo Molar Superior

Generalmente el segundo molar superior presenta una anatomía radicular distribuida en tres raíces (dos vestibulares y una palatina), este molar tiene una gran similitud al primer molar superior, sin embargo, el segundo molar superior presenta una mayor frecuencia de variaciones y de raíces dentales fusionadas (26). En estudios previamente realizados se ha evidenciado que el segundo molar superior presenta en la mayoría de los casos tres raíces, como se han reportado en subpoblaciones de China, Taiwán, India, Corea, Arabia Saudita, Pakistán, Turquía, Egipto, Irlanda, España, Portugal y Brasil con porcentajes que oscilan entre los 45.09% y 93.1% (27). En cuanto la variación morfológica de los conductos radiculares, países como Arabia Saudita, Brasil y China han registrado mayor presencia de tres conductos (27) (28) (29); no obstante, países como Irán reporto en una población mayor prevalencia de cuatro conductos en segundos molares, seguido por la presencia de tres conductos en un 67,5% y 31,2% respectivamente(30), otro caso fue en Brasil en donde la diferencia en cuanto a la presencia de tres conductos (45,09%) y cuatro conductos (34,32%) no fue potencialmente alta(29). También se ha observado que en el segundo molar superior la clasificación de Vertucci tipo 1 (1-1) es la más predominante para cada una de las raíces (MV-DV-P), sin embargo, existen reportes con gran variación de la clasificación de Vertucci en los conductos MV (27), en donde se ha informado que las personas de origen asiático son más prevalentes a presentar clasificación de

Vertucci tipo I, tipo IV y tipo VI y las personas de etnia caucásica tipo II de Vertucci (31)(32). La literatura también ha descrito gran variación en cuanto la presencia de conducto MV2 en relación con su origen étnico o técnica de investigación, como fue el caso en un estudio de Irán y Brasil donde se registraron en un 19.2% y 78.92% respectivamente la existencia de MV2(29,30,33).

Por último, en distintos estudios realizado se ha informado acerca de prevalencia de canales o raíces en forma de “C”, siendo más frecuente en la población oriental con respecto a la occidental (34).

4.3 Primer Premolar Inferior

Los primeros premolares mandibulares son considerados uno de los grupos dentales que presentan mayor dificultad para lograr una adecuada localización, conformación y desinfección ya que presentan una amplia variación morfológica en el sistema de conductos radiculares; típicamente muestra una sola raíz y un conducto amplio vestibulo lingualmente, sin embargo se han reportado la presencia de múltiples conductos radiculares, deltas apicales, canales laterales y posibles variaciones anatómicas de la raíz como raíces bifurcadas, furca estrecha, concavidades mesiales profundas y canales complicados según la clasificación de Vertucci (35). En población americana un con una muestra de 150 primeros premolares inferiores extraídos para determinar la relación entre la bifurcación de la

raíz y el número de conductos, en cuanto a la anatomía interna 54.08% presentaba un conducto, 34.5% presentaban 2 conductos, 7.7 % presentaba 3 conductos y el 2.8 % presentaba más de tres conductos (35).

Teniendo en cuenta las características de la morfología del conducto radicular, a menudo se observan surcos en las raíces (Clasificación según Vertucci 1,1-2,1-2-1, 2- 2) y conductos en forma de “C” que según la literatura su principal causa se produce por una falla en la vaina epitelial de Hertwing durante el desarrollo dentario; la forma de “C” aparece cuando el área vestibular o lingual de las raíces se fusionan de manera irregular, y solo quedan conectadas por un surco interradicular. En análisis de evidencia en población latina de 150 imágenes de tomografía computarizada de haz cónico analizadas determinan el conducto más común era el tipo I de Vertucci en el 100 % de los casos donde se encontró la baja prevalencia de conductos en C” (36).

Baisden. Et al (37) realizo secciones transversales de 106 primeros premolares mandibulares en una población de los Estados Unidos y encontró que la prevalencia de canales en forma de “C” era del 14%. En un estudio se investigó las variaciones de la morfología de la cavidad pulpar en 112 muestras utilizando el mismo método e informó que la prevalencia de la forma de “C” en una población india fue del 10,7% (26).

En un estudio se recolectaron y escanearon 324 primeros premolares maxilares y se determinó una raíz única con 1 canal en un 25%, raíz única con 2 canales en el 26,39% y 2 raíces con 2 canales en el 26,39% por micro-CT (38).

Otros científicos investigaron 358 premolares mandibulares en una población china con tomografía transversal e informaron que el 35.96 % de los dientes tenían una configuración en forma de "C". Debido a su morfología desafiante, la anatomía en forma de C aumenta la dificultad en la terapia endodóntica y puede explicar la frecuente aparición de fallas en el tratamiento asociado con estos dientes (39).

4.4 Segundo Molar Inferior

La morfología del conducto radicular de los segundos molares inferiores es altamente variable (21). La mayoría de los segundos molares mandibulares tienen dos raíces y tres conductos radiculares; sus dos raíces son separadas, orientadas en sentido meso-distal y de forma plana; también se pueden encontrar fusionadas en forma cónica, sea dos mesiales fusionadas o dos distales fusionadas inclusive se pueden encontrar las cuatro (40). Las variantes anatómicas en el número de sus raíces son la raíz única en el 22-25% de las poblaciones asiáticas y en el 9-14 % de los caucásicos y una tercera raíz de forma cónica corta con conducto único denominada Radix Entomolaris si se encuentra ubicada disto lingualmente o Radix

Paramolaris si está mesiovestibularmente (41–42); según algunos estudios se presentan en el 1,2% de la población de tailandeses, el 3,5% de los brasileños y el 3,45% de los turcos (40). Dentro de las variaciones morfológicas del sistema de conductos radiculares, según la clasificación de Vertucci se encuentra tipo IV en la raíz mesial, tipo I en la raíz distal en su mayoría y tipo II en ambas raíces, pero en menor medida (26). **Figura 2.**

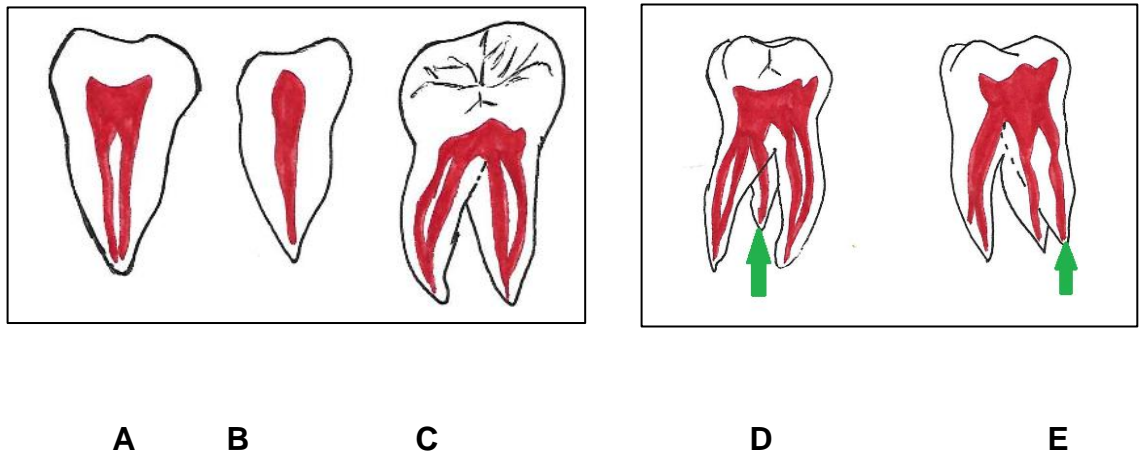


Figura 2. Clasificación de Vertucci. Segundo Molar Inferior. Contreras M, Pestana J, Suárez J. A. Vista mesial de la raíz mesial Tipo IV; B. Vista distal de la raíz distal Tipo I; C. Vista vestibular Tipo II en ambas raíces. D. Tercera raíz adicional conducto único Radix Entomolaris distolingual (flecha); E. Radix Paramolaris mesiovestibular (flecha).

Se destaca como principal variación los conductos en forma de “C” cuya configuración varia en el número y localización de los conductos, así como en el curso del conducto de coronal hacia apical (26) **Figura 3 y 4.** La aparición de un

canal en forma de C es del 10 % en las poblaciones africanas y europeas, del 6 al 44,5 % en las poblaciones de Asia oriental, 4,1 % en una población turca, 10,6 % y 9,1 % en una población árabe y 3,5–10 % en poblaciones de América del Sur (40).

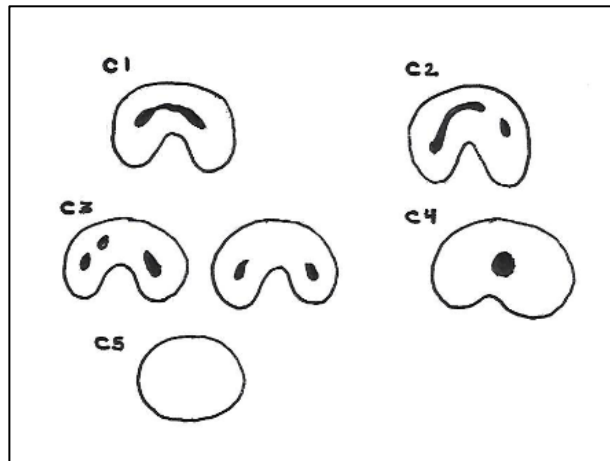
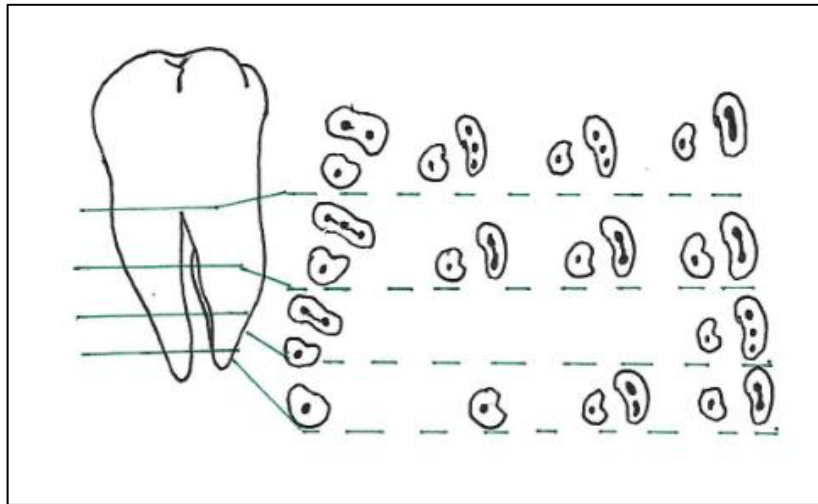


Figura 3. Clasificación de conductos en forma de “C”. Contreras M, Pestana J, Suárez J. C1 La forma en C es continua; C2 Forma de C con una interrupción o semicolon; C3 Dos o tres conductos separados o discretos; C4 Conducto único redondo u oval; C5 No se puede observar la luz dentro del conducto.



A B C D

Figura 4. Variaciones de los conductos en forma de “C”. Contreras M, Pestana J, Suárez J. Obsérvese la raíz cónica o fusionada: A. Configuración 2-3-2-1, B. configuración 3-2-1, C. configuración 3-2 Y D. configuración 1-2-3-2.

La causa principal del fracaso endodóntico radica en la falta de conocimiento de la anatomía radicular. Se indica que una insuficiente comprensión de la complejidad y variabilidad del sistema de canales intrarradiculares puede ocasionar la ausencia de un desbridamiento completo del sistema de conductos radiculares. Asimismo, este desconocimiento de la anatomía radicular puede auspiciar una mayor posibilidad de obviar conductos laterales, forámenes accesorios y ramificaciones que no son tratadas, ausencia en la identificación precisa de las curvaturas, desviaciones y trayecto del canal interradicular. Es imprescindible que el especialista posea un conocimiento profundo de la anatomía radicular y logre

eliminar posibles complicaciones y reconozca sus diferentes modificaciones anatómicas; los cuales pueden variar según diferentes razas, grupos poblacionales y en la configuración radicular que presentan los diferentes grupos de dientes (21) para el éxito del tratamiento endodóntico (22).

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Odontogénesis y desarrollo del sistema de conductos radiculares

El proceso de formación dental, denominado odontogénesis, es fundamental para comprender la procedencia y morfología de los canales radiculares de cada grupo dental (14). Las células que dan origen al germen dental provienen del ectodermo del primer arco branquial y del ectomesénquima de la cresta neural; este germen se organiza en tres zonas que originan estructuras específicas: el órgano del esmalte (esmalte), la papila dentaria (dentina y pulpa) y el saco dentario (periodonto)(14,15). La odontogénesis comienza a la sexta semana de vida intrauterina a partir de dos capas germinativas, el epitelio ectodérmico que da origen al esmalte y el ectomesénquima encargado de formar el complejo dentino-pulpar, el cemento, el ligamento periodontal y el hueso alveolar (16). En el proceso de odontogénesis se distinguen dos grandes fases, la morfogénesis que consiste en el desarrollo y la formación de los patrones coronarios y radiculares, en donde el epitelio sufre una serie de cambios morfológicos en el transcurso de cinco etapas: la placoda, brote, casquete, campana temprana y campana tardía (15). En la etapa de casquete se inicia la segunda fase llamada citodiferenciación; las células comienzan a secretar capas de dentina y esmalte; finalmente en la última etapa de

maduración, que es la campana tardía, ocurre la mineralización completa de los dientes (14,15).

El desarrollo radicular y del sistema de conductos es un evento tardío durante la odontogénesis (17). Al terminar la morfogénesis coronal, las células del asa cervical que son la unión del epitelio interno y externo del órgano del esmalte se reorganizan para formar una bicapa estructural llamada vaina epitelial de Hertwing (HERS), que determina el número, tamaño y forma de las raíces dentales (17). La formación radicular comprende entonces la transición de HERS desde el desarrollo total de la corona, la inducción de la diferenciación de sus células en formadoras de cemento seguido de una elongación apical que entra en contacto con la papila dental fomentando la diferenciación celular en odontoblastos, que forman la dentina de la raíz (18). Durante la extensión de HERS y su calcificación, ocurre el encapsulamiento de nervios y vasos sanguíneos, a medida que aumenta la cantidad de dentina, la cavidad pulpar se vuelve más pequeña formando un canal angosto, al mismo tiempo HERS se dobla hacia adentro para formar el diafragma epitelial que posteriormente se encontrará con este canal y formará el conducto radicular (19). El diafragma marca el límite distal de la raíz y envuelve al agujero apical primario (15). Además, mientras se forma HERS se pueden generar simultáneamente pequeñas brechas donde se interrumpe la formación de dentina debido al revestimiento vasculonervioso, dando origen a conductos adicionales que determinan las diferentes variaciones morfológicas en la configuración del sistema de conductos radiculares (20).

5.2 Clasificación de Vertucci y sus configuraciones

Vertucci clasificó la morfología del conducto radicular en ocho tipos **Figura 5**.

Tipo I: existe un único conducto principal que comienza desde la cámara pulpar hasta el ápice radicular.

Tipo II: dos canales separados salen de la cámara pulpar, pero se unen para formar un canal hasta el ápice.

Tipo III: un canal sale de la cámara pulpar y se divide en dos canales más pequeños que luego se fusionan nuevamente para salir por un solo canal.

Tipo IV: dos canales separados y completamente distintos van desde la cámara pulpar hasta el ápice de la raíz.

Tipo V: hay un solo canal que sale de la cámara pulpar y que se divide en dos canales con forámenes apicales separados.

Tipo VI: dos canales separados se unen en la mitad de la raíz para formar un canal que se extiende hasta el ápice, justo antes del ápice, y nuevamente se divide en dos.

Tipo VII: el conducto comienza como uno solo hasta el tercio medio de la raíz, luego se divide en dos conductos separados que se vuelven a unir después de cierta distancia y luego, cerca del ápice, se divide nuevamente en dos.

Tipo VIII: la cámara pulpar cerca de la porción coronal se divide en tres canales separados que se extienden hasta el ápice (54).

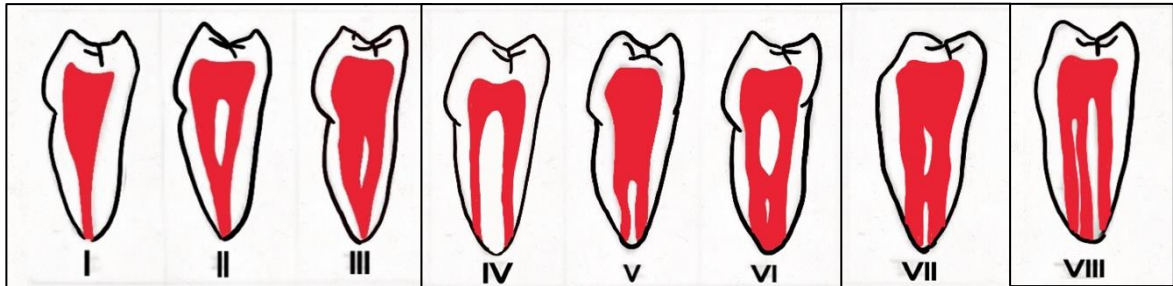


Figura 5. Clasificación de Vertucci. Moya J, Suárez L.

Sert y Bayirli agregaron configuraciones suplementarias al sistema de clasificación de Vertucci:

Tipo IX: un solo conducto parte de la cámara pulpar y, durante su recorrido, se divide en tres.

Tipo X: un solo conducto comienza en la cámara pulpar y se divide en dos, de los cuales un conducto se divide a su vez en dos con dos forámenes.

Tipo XI: un solo conducto comienza en la cámara pulpar y se divide en dos, de los cuales uno se subdivide a su vez en dos y discurre como tres conductos y termina en cuatro forámenes.

Tipo XII: desde la cámara pulpar parten dos conductos separados, de los cuales uno se subdivide en dos y, posteriormente, los tres se unen para formar un conducto con un foramen.

Tipo XIII: un solo conducto comienza en la cámara pulpar y se divide en dos conductos que se vuelven a unir en uno solo y se dividen en tres conductos con tres forámenes.

Tipo XIV: desde la cámara pulpar parten cuatro canales y posteriormente se unirán dos de cada uno y finalizarán en dos forámenes.

Tipo XV: desde la cámara pulpar parten tres canales, de los cuales dos se unen para formar un canal y terminan en dos forámenes.

Tipo XVI: de la cámara pulpar parten dos canales, de los cuales uno se subdivide en dos y finaliza en tres forámenes.

Tipo XVII: un solo conducto parte de la cámara pulpar y se divide en tres conductos que a su vez se unen para formar un solo conducto con un solo foramen.

Tipo XVIII: tres conductos parten de la cámara pulpar y se unen para formar un solo conducto con un solo foramen.

Tipo XIX: dos canales parten de la cámara pulpar y se unen como un solo canal, luego se dividen nuevamente en dos y se vuelven a unir como un solo canal con un solo foramen.

Tipo XX: cuatro canales parten de la cámara pulpar y terminan en cuatro forámenes.

Tipo XXI: cuatro conductos parten de la cámara pulpar y se unen formando un único conducto con un único foramen.

Tipo XXII: cinco canales parten de la cámara pulpar y uno se une con otro y termina en cuatro canales con cuatro forámenes.

Tipo XXIII: de la cámara pulpar parten tres conductos, de los cuales uno se divide en dos y finaliza en cuatro conductos con cuatro forámenes (54).

5.3 Análisis del grado de curvatura

Un conducto radicular que se extiende en toda la longitud de la raíz dental en forma recta es poco frecuente, la curvatura puede ser una curvatura gradual de todo el conducto, una curvatura aguda del conducto radicular cerca del ápice o una curvatura gradual del conducto radicular terminando en forma recta en apical. También se pueden presentar curvaturas dobles en forma de S. Pocos estudios miden en realidad la curvatura de los conductos radiculares. Schneider fue el primero en medir la angulación de los conductos radiculares, su método ha sido adoptado por los endodoncistas de todo el mundo como base fundamental para establecer las curvaturas de los conductos radiculares. De acuerdo con el método de Schneider, el ángulo de curvatura junto con el radio de la curva nos brinda el método exacto para describir la curvatura del conducto radicular. Cabe recalcar que el ángulo es independiente del radio.

El ángulo de la curvatura se determinó por la técnica de Schneider 1,2,3 que mide tanto la curvatura, como el ángulo agudo entre el eje longitudinal del conducto radicular (línea A) y una línea que une el foramen apical hasta el punto de la curvatura inicial (línea B), **Figura 6** (53).

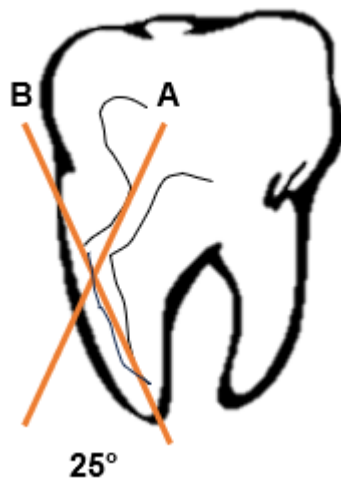


Figura 6. Evaluación del ángulo de Curvatura según Schneider. Suárez J.

Considerado como bajo (<5°), moderada (5-25°) y severo (25-70°).

6. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

6.1 Objetivo general:

Describir las características morfológicas y variaciones anatómicas del sistema de conductos radiculares de algunos dientes permanentes en una subpoblación colombiana evaluados mediante tomografía computarizada de haz cónico

6.2 Objetivos específicos:

- Identificar las características morfológicas del sistema de conductos radiculares en los dientes primer y segundo molar superior e inferior y segundo premolar inferior en una subpoblación colombiana evaluado mediante tomografía computarizada de haz cónico.
- Reportar las características morfológicas del sistema de conductos radiculares en los dientes primer y segundo molar superior e inferior y segundo premolar inferior en una población colombiana evaluado mediante tomografía computarizada de haz cónico
- Comparar las características y variaciones morfológicas establecidas con lo reportado a nivel internacional.

7. ASPECTOS METODOLÓGICOS

7.1 Tipo de estudio: Estudio Descriptivo

7.2 Objeto de estudio: Características morfológicas y variaciones anatómicas del sistema de conductos radiculares de los dientes permanentes primer y segundo molar superior, primer premolar inferior y segundo molar inferior en una subpoblación colombiana.

7.3 Material objeto de estudio: Se realizará una evaluación de 400 modelos en 3D diseñados a partir de tomografías de haz cónico de los dientes primer y segundo molar superior, primer premolar inferior y segundo molar inferior.

8. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

8.1 Muestra: 400 tomografías de haz cónico obtenidas con los siguientes parámetros de adquisición: Fueron tomadas en un equipo Planmeca Pro Max 3D Clasic, con un voxel de 75 micrometros, voltaje de 90kuv-10Ma, un espesor de los cortes de 0,5 mm y un FOV de 5x5 cm, de pacientes con rango de edad entre 12-92 años de los dientes primer y segundo molar superior, primer premolar inferior y segundo molar inferior. Estos se encontraban en etapa de dentición mixta y permanente, cuando se encontraban en dentición mixta solo se tomaron en cuenta los dientes permanentes con formación radicular completa.

8.2 Criterios de selección

8.2.1 Criterios de inclusión:

- Diente con formación radicular completa
- Primer premolar inferior
- Segundos molares superior e inferior
- Primer molar superior
- Modelos en 3d del canal radicular
- Dientes con descripción tomográfica
- Variaciones morfológicas

8.2.2 Lista de criterios de exclusión

- Dientes con formación radicular incompleta
- Dientes no seleccionados en el estudio
- Diente con conductos radiculares calcificados
- Diente con tratamiento de conducto previo o artefactos

8.3 Procedimiento

Para el desarrollo de la descripción de la morfología del sistema de conductos radiculares se emplea el uso de tomografías de haz cónico para que a partir de estas desarrollar modelos 3D para su descripción y clasificación según el tipo de diente.

Calibración Interexaminador

Para calibrar a los examinadores se llevaron a cabo sesiones de capacitación donde los examinadores analizaron en conjunto una serie de casos piloto utilizando los programas Slicer3D y Rhinoceros. Se realizó una evaluación independiente proporcionando a cada examinador acceso a las mismas imágenes CBCT y herramientas analíticas para que realizaran sus evaluaciones de manera individual a la misma hora y en el mismo equipo. Se compararon los resultados obtenidos utilizando el índice kappa de Cohen para evaluar la concordancia entre los examinadores en aspectos como el número de raíces, conductos, clasificaciones de

Vertucci y características anatómicas alcanzando un valor de 1.0 indica una concordancia perfecta entre los examinadores en sus clasificaciones.

El primer paso consiste en abrir el archivo. dicom en el programa Slicer3d donde se puede analizar la tomografía en todas sus vistas. Se debe identificar el diente a modelar y se debe realizar el proceso de modelado 3D tanto del diente como de los conductos, este modelado se hace utilizando tanto las vista superior y laterales como la vista tridimensional. Después de tener los dos elementos correctamente modelados estos se exportan al programa Rhinoceros para configurar el color y la transparencia deseados. Finalmente, en el programa Rhinoceros se debe configurar el ángulo correcto para tomar las imágenes y si se desea se puede tomar la medición de volumen tanto del conducto como de los dientes.



07-2023
Tomografía

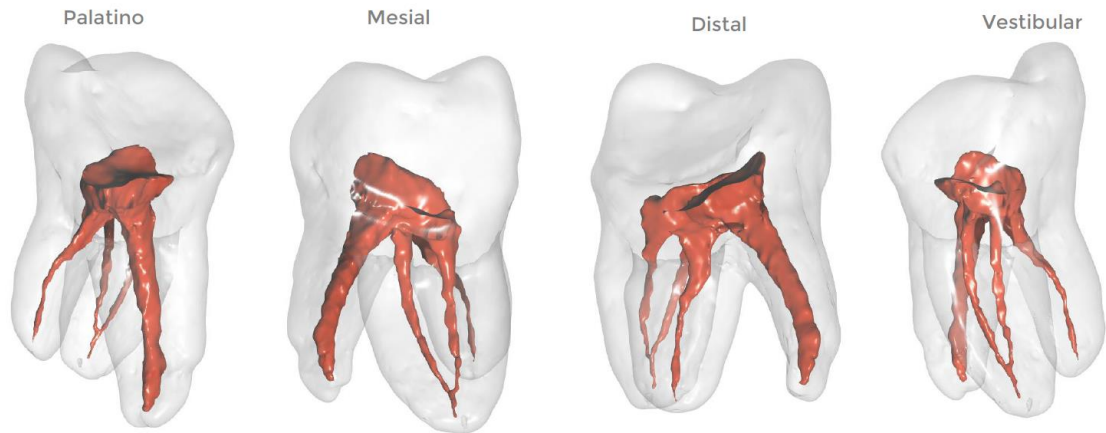


Figura 7. Modelo piloto, elaborado en el mes de agosto del año 2023. Obsérvese la sensibilidad y especificidad obtenida del sistema de conductos radiculares en todas sus vistas.

8.4 Definición y Operacionalización de las variables

8.4.1 Variables Independientes

- Población
- Género
- Raza
- Tipo de diente
- Factores ambientales

8.4.2 Variables Dependientes

- Características Morfológicas
- Variaciones Anatómicas

8.5 Instrumento

Se realizará una base de datos en Microsoft Excel con la clasificación, tipo de diente, descripción de la anatomía del modelo y variables como el género al que pertenece.

8.6 Operacionalización de las variables. Tabla 1.

VARIABLES	DEFINICIÓN	NATURALEZA	TIPO DE VARIABLE	OPERACIONALIZACIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN
Número	Cantidad de conductos radiculares dentro de la configuración anatómica radicular dental dependiente del número de raíces presentes.	Cuantitativa	Continua	<p>CLASIFICACIÓN DE VERTUCCI²</p> <p>Tipo I Un conducto radicular único se extiende desde la cámara pulpar al ápice</p> <p>Tipo II Dos conductos radiculares que salen separados de la cámara pulpar y se unen para formar un solo conducto antes de llegar al ápice</p> <p>Tipo III Sale de la cámara pulpar un solo conducto que luego se divide en dos en el interior de la raíz y vuelven a unirse para salir como un único conducto</p> <p>Tipo IV Dos conductos separados e independientes se extienden desde la cámara pulpar al ápice</p> <p>Tipo V Un solo conducto sale de la cámara pulpar y antes de llegar al ápice se divide en dos conductos con forámenes apicales separados</p> <p>Tipo VI Dos conductos radiculares salen de la cámara pulpar, se unen en el cuerpo de la raíz y se dividen nuevamente antes de llegar al ápice para formar conductos separados</p> <p>Tipo VII Un conducto radicular sale de la cámara pulpar, se divide y reúne dentro del cuerpo del conducto y finalmente cerca de ápice se divide en dos conductos</p> <p>Tipo VIII Tres conductos radiculares distintos y separados se extienden desde la cámara pulpar al ápice.</p>	De Razón	Tomografía CBCT - Modelos 3D
Forma	El espacio del conducto radicular en concidad, dirección a través del eje longitudinal radicular	Cualitativo	Discreto	Evaluación del ángulo de Curvatura según Schneider con clasificación de Seidberg: como bajo (<5°) moderado (5-25°) y severo (25-70°).	Nominal/Binomial	Tomografía CBCT - Modelos 3D
VARIABLES ANATÓMICAS	Las variaciones morfológicas ocurren por la interacción de los tejidos durante las fases del desarrollo dentario. De acuerdo al periodo en que ocurre esta alteración, el diente podría evidenciar un desarrollo anómalo, ectópico o con alguna variación anatómica. Las teorías que explican incluyen hiperactividad de HERS (Holtzman, 1997), las teorías de desviación radicular y/o degeneración patológica de HERS todas ligadas a factores genéticos, poblacionales, sexo, edad o raza.	Cualitativo	Discreto	Variaciones anatómicas en el sistema de conductos radiculares: Deltas apicales, conductos laterales, conductos en forma de C, radiventomolares, radix paramolares, fusión de raíces, etc.	Nominal/polinomial	Tomografía CBCT - Modelos 3D

8.7 Consideraciones éticas:

Estudio basado en los principios éticos y científicos detallados en las normas internacionales de investigación en salud, tales como la declaración de Helsinki y la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, investigación sin riesgo que corresponde a estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos.

- **Lugar de investigación:** La investigación se llevará a cabo en la Institución Universitaria Colegios de Colombia
- **Seguridad:** Para validar el estudio se realizará un acta de aprobación que autoriza la utilización de exámenes tomográficos y se elaboró un consentimiento informado el cual fue firmado por el representante legal del Centro Radiológico que proporcionó la base de datos.
- **Confidencialidad:** Se garantizará la confidencialidad de todos los datos recolectados y resultados mediante recopilación de los datos necesarios sin utilizar información de identificación personal.

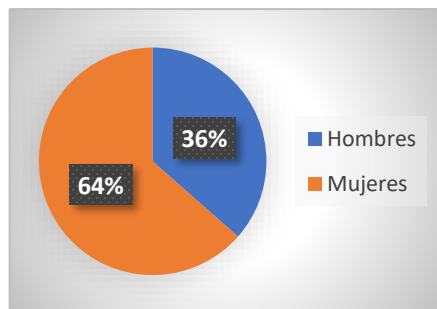
8.8 Análisis estadístico.

La prueba de análisis explorador de datos se empleará para describir la muestra, la prueba Chi-sq para determinar la relación variable vs tipo de diente y el análisis factorial de correspondencia para ubicar la relación número de raíces tipo de diente. Mediante el software Real Statistics V9.4 de septiembre 2024.

9. RESULTADOS

El análisis de los datos y de las variables del presente estudio permitió obtener información detallada sobre el número de raíces, número de conductos radiculares en cada raíz y de la totalidad del sistema de conductos radiculares, clasificación de Vertucci, forma de raíz (Grado de curvatura) y variaciones anatómicas presentes en los primeros y segundos molares superiores, primer premolar inferior y segundo molar inferior.

La muestra final estuvo compuesta por 400 tomografías que pertenecían a 254 mujeres 63.5% y 146 hombres 36.5% (**Grafica 1**), las cuales fueron distribuidas 100 (Primer molar superior), 100 (Segundo molar superior), 100 (Primer premolar inferior), 100 (segundo molar inferior).



Grafica 1. *Distribución por género de la totalidad de la muestra (400 tomografías)*

Los resultados en cuanto al número de raíces se muestran en la **tabla 2**. Estos resultados evidenciaron para las muestras de primeros molares superiores el predominio de 3 raíces en el 98% de los casos. Los segundos molares superiores evidenciaron una mayor prevalencia de 3 raíces en un 69%, seguido de 2 raíces en un 26% y una sola raíz en un 5%. En el grupo de primeros premolares inferiores predominó la raíz única en un 97% seguida de un 3% la presencia de 2 raíces. Por otra parte, en el grupo de los segundos molares inferiores, el número de raíces predominantes fueron 2 en un 91% seguido de 3 raíces en tan solo el 8%.

Tabla 2. *Numero de raíces*

	N	%
PRIMER MOLAR SUPERIOR		
Dos raíces	1	1
Tres raíces	98	98
Total	100	100
SEGUNDO MOLAR SUPERIOR		
Dos raíces	26	26
Tres raíces	69	69
Una raíz	5	5
Total	100	100
SEGUNDO MOLAR INFERIOR		
Dos raíces	91	91
Tres raíces	8	8
Cuatro raíces	1	1
Total	100	100
PRIMER PREMOLAR INFERIOR		
Raíz única	97	97
Dos raíces	3	3
Total	100	100

Con respecto al número de conductos radiculares; los primeros molares superiores presentaron como prevalencia 4 conductos en un 73%, seguido de 3 conductos con un 16% y de 5 conductos en un 9%. En los segundos molares superiores contaron con 3 conductos que demostró una superioridad en un 58%, con respecto al 21% de la presencia de 4 conductos, el 18% correspondiente a 2 conductos, un solo conducto en un 2% y finalmente 2 conductos en un 1%. Para los primeros premolares inferiores predominó el conducto único con el 64 % seguido de un 36% con 2 conductos radiculares. El último grupo correspondiente a los segundos molares inferiores se caracterizaron por la presencia de 3 conductos radiculares en un 66%, seguido de 4 conductos con un 15%; sin embargo, el 7% exhibieron 5 conductos radiculares y el 1% mostró 6 conductos radiculares.

En cuanto al número de conductos presentes por cada una de las raíces en cada grupo de la muestra de este estudio, en los primeros molares superiores en su raíz mesial predominó la presencia de 2 conductos con un 43%, seguido de un conducto en un 30%; para la raíz distal prevaleció la presencia de un conducto con un 94%, seguido de 2 conductos en un 4 %; para la raíz palatina imperó con el 94% un solo conducto. En los segundos molares superiores la raíz mesial evidenció la presencia de un 1 conducto con un 68% y 2 conductos en un 32%, en la raíz distal el 75% de los dientes exhibieron un solo conducto, debido a las variaciones anatómicas que presenta el segundo molar superior se encontró en un 23% de los dientes que no presentan conductos distales y finalmente la raíz palatina presento un 96% con un solo conducto. Para los casos de primeros premolares inferiores presentaron un

conducto radicular inicial desde tercio coronal que se bifurca con significancia a partir del tercio medio radicular en un 33%. Los segundos molares inferiores en la raíz mesial predominó la presencia de 2 conductos con el 82%, seguido de 1 conducto con un 12% y 3 conductos con el 6%; para la raíz distal imperó la presencia de 1 conducto con el 84%, seguido de 2 conductos con el 13% y 3 conductos en un 3% Los resultados del número de conductos de cada grupo se muestra en la **tabla 3.**

Tabla 3. *Numero de conductos*

	n	%
PRIMER MOLAR SUPERIOR		
Numero de conductos en la totalidad del sistema de conductos radiculares		
Tres conductos	16	16
Cuatro conductos	73	73
Cinco conductos	9	9
Total	100	100
Numero de conductos en cada raíz		
Raíz mesial		
Un conducto	18	18
Dos conductos	43	43
Tres conductos	30	30
Total	100	100
Raíz distal		
Un conducto	94	94
Dos conductos	4	4
Total	100	100
SEGUNDO MOLAR SUPERIOR		
Numero de conductos en la totalidad del sistema de conductos radiculares		
Dos conductos	18	18
Tres conductos	58	58
Cuatro conductos	21	21
Cinco conductos	1	1
Un conducto	2	2
Total	100	100
Numero de conductos en cada raíz		
Raíz mesial		

Un conducto	68	68
Dos conductos	32	32
Total	100	100
Raíz distal		
Un conducto	75	75
Dos conductos	2	2
N/A	23	23
Total	100	100
Raíz Palatina		
Un conducto	96	96
Dos conductos	1	1
N/A	3	3
Total	100	100
SEGUNDO MOLAR INFERIOR		
Numero de conductos en la totalidad del sistema de conductos radiculares		
Dos conductos	11	11
Tres conductos	66	66
Cuatro conductos	15	15
Cinco conductos	7	7
Seis conductos	1	1
Total	100	100
Numero de conductos en cada raíz		
Raíz mesial		
Un conducto	12	12
Dos conductos	82	82
Tres conductos	6	6
Total	100	100
Raíz distal		
Un conducto	84	84
Dos conductos	13	13
Tres conductos	3	3
Total	100	100
RADIX		
Un conducto	6	75
Dos conductos	2	25
Total	8	100
PRIMER PREMOLAR INFERIOR		
Numero de conductos en la totalidad del sistema de conductos radiculares		
Conducto único	64	64
Dos conductos	36	36
Total	100	100
Numero de conductos en cada raíz		
Raíz palatina		
Conducto único	65	65
Dos conductos	35	35
Total	100	100

Raíz vestibular		
Un conducto	100	100
Total	100	100

Se tuvo en cuenta la distribución que presentaban los conductos en cada raíz, por lo tanto, se describe dicha información en la siguiente tabla:

Tabla 4. *Distribución de conductos por raíz en cada diente*

Distribución primer molar superior	n	%
3 raíces <u>4 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 1 mesovestibular • 1 distovestibular • 1 palatino 	72	72%
3 raíces <u>3 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 1 mesovestibular • 1 distovestibular • 1 palatino 	17	17%
3 raíces <u>5 conductos</u>	7	7%

<ul style="list-style-type: none"> • 2 mesovestibular • 2 distovestibular • 1 palatino 		
<p><i>3 raíces</i></p> <p><u>5 conductos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 mesovestibular • 1 distovestibular • 2 palatino 	1	1%
<p><i>3 raíces</i></p> <p><u>5 conductos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 mesovestibular • 2 distovestibular • 2 palatino 	1	1%
<p><i>2 raíces</i></p> <p><u>4 conductos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 mesovestibular 	1	1%

<ul style="list-style-type: none"> • 1 distovestibular • 1 palatino 		
<i>1 raíz única</i> <u>1 conducto único</u>	1	1%
Distribución segundo molar superior	n	%
<i>3 raíces</i> <u>3 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 1 mesovestibular • 1 distovestibular • 1 palatino 	55	55%
<i>3 raíces</i> <u>4 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 2 mesovestibular • 1 distovestibular • 1 palatino 	21	21%
<i>2 raíces</i> <u>2 conductos</u>	16	16%

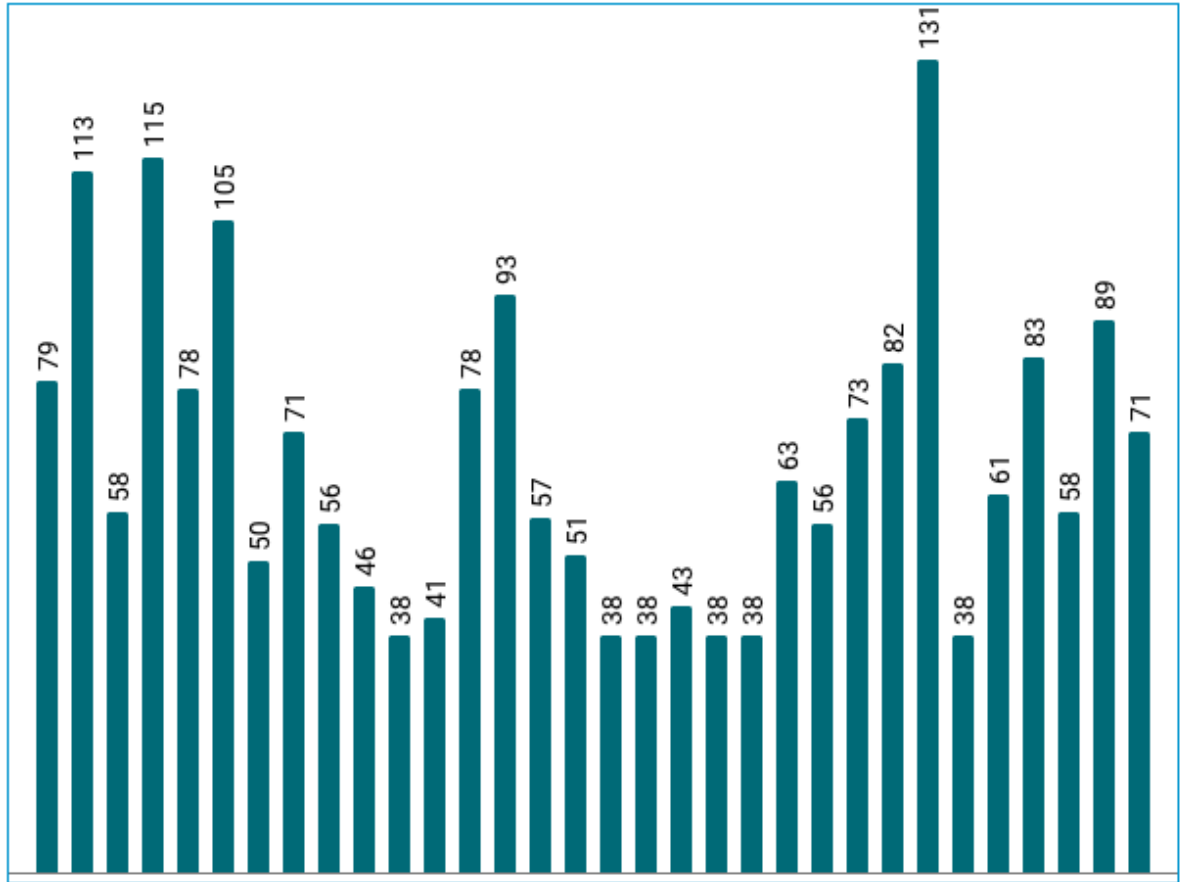
<ul style="list-style-type: none"> • 1 vestibular • 1 palatino 		
<i>2 raíces</i> <u>3 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 2 vestibular • 1 palatino 	4	4%
<i>Raíz única</i> <u>1 conducto</u>	2	2%
<i>Raíz única</i> <u>2 conductos</u>	1	1%
Distribución segundo molar inferior	n	%
<i>3 raíces</i> <u>3 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 1 mesovestibular • 1 distovestibular • 1 palatino 	55	55%
<i>3 raíces</i>	21	21%

<u>4 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 2 mesovestibular • 1 distovestibular • 1 palatino 		
<i>2 raíces</i> <u>2 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 1 vestibular • 1 palatino 	16	16%
<i>2 raíces</i> <u>3 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 2 vestibular • 1 palatino 	4	4%
<i>Raíz única</i> <u>1 conducto</u>	2	2%
<i>Raíz única</i> <u>2 conductos</u>	1	1%
Distribución primer premolar inferior	n	%

1 raíz <u>1 conducto</u>	64	64%
1 raíz <u>2 conductos</u> · 1 lingual · 1 vestibular	33	33%
2 raíces <u>2 conductos</u> · 1 vestibular · 1 lingual	3	3%

La clasificación de Vertucci realizada por cada raíz de cada grupo de dientes, expuso los siguientes resultados: el primer molar superior en la raíz mesial predominó la clasificación TIPO II (2-1) en un 43 %, seguida de la TIPO IV (2-2) en el 30%; para la raíz distal se encontró como prevalencia el TIPO I con el 94%, seguido de un 4% TIPO II (2-1), en la raíz palatina predominó la presencia del TIPO I (1) en el 94% seguido del TIPO II (2-1) 4% y TIPO V (1-2) en un 2%. En los segundos molares superiores la raíz mesial fue la que mayor variabilidad presentó, en donde se encontró un 68% para la clase TIPO I (1), TIPO II (2-1) en un 16%, TIPO IV (2-2) del 9%, TIPO III (1-2-1) con el 4%, del 2% para la clasificación TIPO V (1-2) y TIPO VI (2-1-2) en el 1%. La calificación de Vertucci TIPO I (1) fue la más encontrada en el caso de la raíz distal en un 75% y de un 1% para la clasificación

TIPO II (2-1) y TIPO IV (2-2); la raíz palatina, tuvo mayor variación de la clasificación Vertucci del 93% para la clase TIPO I (1), seguido del 4% del TIPO II (2-1). En el caso de las muestras de los primeros premolares inferiores predominó el TIPO I (1) con el 65% continuando con el TIPO III (1-2-1) con el 12% , TIPO V (1-2) del 22% y finalmente el TIPO VII (1-2-1-2) con un solo caso reportado 1%; como se mencionó anteriormente este grupo de dientes presentó bifurcaciones del conducto radicular a partir del tercio medio, dada esta circunstancia se midieron las longitudes a partir de la unión amelocementaria (UAC) hasta el punto de inicio de la bifurcación, lo cual permitió dar la clasificación de Vertucci; como datos relevantes obtenidos, estas longitudes variaron desde los 3.8mm hasta los 13,1mm promediando el inicio en la bifurcaciones del conducto radicular en los 6.65mm de los primeros premolares inferiores **Grafica 2**. Finalmente, en los segundos molares inferiores se obtuvo en la raíz mesial un 58% TIPO II (2-1) seguido del TIPO I (1) con el 13%; la raíz distal presentó el 77% con TIPO I (1), seguido del TIPO II (2-1) y TIPO III (1-2-1) ambos con un 7%. Los resultados de la clasificación de Vertucci para la muestra se exponen en la **tabla 5**.



Gráfica 2. Longitudes en milímetros de las 33 muestras que presentaron bifurcaciones de conductos radiculares de los dientes primer premolar inferior.

Tabla 5. Clasificación de Vertucci

	n	%
PRIMER MOLAR SUPERIOR		
Raíz mesial		
TIPO I	18	13
TIPO II	43	58
TIPO III	7	7
TIPO IV	30	30
Total	100	100
Raíz distal		
TIPO I	94	94
TIPO II	4	4
Total	100	100
Raíz palatina		
TIPO I	94	94
TIPO II	4	4
TIPO V	2	2
Total	100	100
SEGUNDO MOLAR SUPERIOR		
Raíz mesial		
TIPO I	68	68
TIPO II	16	16
TIPO III	4	4
TIPO IV	9	9
TIPO V	2	2
TIPO VI	1	1
Total	100	100
Raíz distal		
TIPO I	75	75
TIPO II	1	1
TIPO IV	1	1
N/A	23	23
Total	100	100
PALATINA		
TIPO I	96	96
TIPO II	1	1
N/A	3	3
Total	100	100
SEGUNDO MOLAR INFERIOR		
Raíz mesial		
TIPO I	13	13
TIPO II	58	58
TIPO III	9	9
TIPO IV	10	10
TIPO V	2	2
TIPO VI	1	1
TIPO VII	1	1

TIPO IX	1	1
TIPO X	1	1
TIPO XII	2	2
TIPO XVIII	2	2
Total	100	100
Raíz distal		
TIPO I	77	77
TIPO II	7	7
TIPO III	7	7
TIPO IV	1	1
TIPO V	5	5
TIPO VII	1	1
TIPO XVI	1	1
TIPO XVII	1	1
Total	100	100
RADIX		
TIPO I	6	75
TIPO II	2	25
Total	8	100
PRIMER PREMOLAR INFERIOR		
Raíz palatina		
TIPO I	65	65
TIPO III	12	12
TIPO V	22	22
TIPO VII	1	1
Total	100	100
Raíz vestibular		
TIPO I	100	100
Total	100	100

Las variaciones anatómicas encontradas en el presente estudio muestran en primera instancia de los primeros molares superiores que la variación anatómica más predominante fueron las raíces fusionadas con un 18%, además de una variación adicional de conductos en forma de “C” en un 1%; la clasificación de estos conductos en “C” presentó en el 1% tipo C1. Los segundos molares superiores la variación anatómica destacada fue la concurrencia de raíces fusionadas en un 53%. Los primeros premolares inferiores presentaron en el 7% como variación anatómica el conducto en forma de “C” con una clasificación tomográfica C2 y C3 con el 4% y

3% respectivamente. En los segundos molares inferiores la variación anatómica más predominante fue el conducto en “C” con el 29%, seguido de la variación que además de contar con conducto en forma de “C” presentaba conjuntamente raíces fusionadas en un 10%; otra variación anatómica importante fue la presencia de conductos radiculares con doble curvatura en un 10%. La variabilidad anatómica de los grupos de dientes pertenecientes a la muestra del estudio se presenta en la **tabla 6.**

Tabla 6. *Variaciones anatómicas*

	n	%
PRIMER MOLAR SUPERIOR		
Raíces fusionadas	18	18
Conducto en C	1	1
Sin variaciones anatómicas	81	81
Total	100	100
Variable	n	%
SEGUNDO MOLAR SUPERIOR		
Raíces fusionadas	53	53
Una sola raíz	4	4
Taurodontismo	1	1
N/A	42	42
Total	100	100
SEGUNDO MOLAR INFERIOR		
Raíces fusionadas	7	7
Conducto en C	29	29
Conducto en C raíces fusionadas	10	10
Doble curvatura	10	10
Radix paramolaris	4	4
Radix entomolaris	3	3
Conducto en C Radix paramolaris	1	1
Sin variaciones anatómicas	36	36
Total	100	100
PRIMER PREMOLAR INFERIOR		
Conducto en C	6	86
Conducto recurrente	1	14
Sin variaciones anatómicas	93	
Total	100	100

Particularmente para los segundos molares inferiores, la clasificación de conductos en “C”, se realizó por tercios radicales; en la raíz mesial en el tercio cervical y medio predominó la clasificación C1 (74% y 43% respectivamente), y en el tercio apical C4 (67%); en la raíz distal en el tercio cervical y medio predominó la clasificación C1 (69% y 57% respectivamente) y en el tercio apical C4 (74%). Otro hallazgo significativo para este grupo de dientes fue la presencia de raíces adicionales denominadas RADIX en un 11%, de los cuales el 6% fueron RADIX PARAMOLARIS y el 5% RADIX ENTOMOLARIS. Cuando se encontró un RADIX la clasificación Vertucci TIPO I fue la que predominó con el 78%, seguida de la TIPO II con un 22%. **La tabla 7** muestra los resultados en conductos en forma de “C” de los primeros premolares inferiores y segundos molares inferiores.

Tabla 7. Clasificación de conductos en “C”

	n	%
SEGUNDO MOLAR INFERIOR		
Raíz mesial		
Tercio cervical		
C1	23	77
C2	3	10
C3	3	7
C4	2	7
Total	100	100
Tercio medio		
C1	13	43
C2	5	17
C3	12	40
Total	35	100
Tercio apical		
C1	5	17
C3	5	17
C4	20	67
Total	35	100
Raíz distal		
Tercio cervical		
C1	25	69
C2	3	8
C3	1	3

C4	7	19
Total	35	100
Tercio medio		
C1	20	57
C2	5	14
C3	7	20
C4	3	9
Total	35	100
Tercio medio		
C1	3	9
C2	1	3
C3	5	14
C4	26	74
Total	35	100
PRIMER PREMOLAR INFERIOR		
Raíz única		
Tercio medio		
C2	4	4
C3	3	3
Total	100	100

Finalmente, al analizar las curvaturas de los conductos radiculares, para los primeros molares superiores, en la raíz mesial predominó la curvatura moderada (5-25°) con un 43%, en la raíz distal predominó la curvatura moderada (5-25°) con un 42%, y en la raíz palatina predominó la curvatura baja (<5°) en un 67%. Los segundos molares superiores en la raíz mesial prevaleció la presencia de curvatura baja en un 46%, seguido de un 41% curvatura moderada y del 13% curvatura grado severo, en el caso de la raíz distal predominó la curvatura baja en un 52%, por su parte, la curvatura moderada fue de un 17% y del 8% para curvatura severa, además, para la raíz palatina se presentó un 85% de curvatura baja y un 6% para los casos de grados de curvatura severa y moderada; La curvatura de los primeros premolares inferiores mostró predominio de la clasificación bajo (<5°) con un 98% seguido de un 2% de la curvatura moderada (5-25°). En los segundos molares

inferiores el grado de curvatura en la raíz mesial prevaleció la curvatura severa (>25°) con el 80%, en la raíz distal la curvatura moderada (5-25°) en el 47%, seguida de la curvatura baja (<5°) con un 38%, donde se observó además que el inicio de las curvaturas se encontraba en su totalidad ubicadas en el tercio apical radicular. Estos resultados se muestran en la **tabla 8**.

Tabla 8. Forma de la raíz

	n	%
PRIMER MOLAR SUPERIOR		
Raíz mesial		
Bajo (<5°)	29	29
Moderado (5-25°)	42	42
Severo (>25°)	28	28
N/A	1	1
Raíz distal		
Bajo (<5°)	28	20
Moderado (5-25°)	40	42
Severo (>25°)	29	28
N/A	3	3
Raíz palatina		
Bajo (<5°)	66	66
Moderado (5-25°)	21	21
Severo (>25°)	10	10
N/A	3	3
TOTAL	100	100
SEGUNDO MOLAR SUPERIOR		
Raíz mesial		
Bajo (<5°)	46	46
Moderado (5-25°)	13	13
Severo (>25°)	41	41
Total	100	100
Raíz distal		
Bajo (<5°)	52	52
Moderado (5-25°)	17	17
Severo (>25°)	8	8
N/A	23	23
Raíz Palatina		
Bajo (<5°)	85	85
Moderado (5-25°)	6	6
Severo (>25°)	6	6
N/A	3	3

Total	100	100
SEGUNDO MOLAR INFERIOR		
Raíz mesial		
Bajo (<5°)	5	5
Moderado (5-25°)	15	15
Severo (>25°)	80	80
Total	100	100
Raíz distal		
Bajo (<5°)	38	38
Moderado (5-25°)	47	47
Severo (>25°)	15	15
Total	100	100
RADIX		
Bajo (<5°)	3	37.5
Moderado (5-25°)	2	25
Severo (>25°)	3	37.5
Total	8	100
PRIMER PREMOLAR INFERIOR		
Raíz única		
Bajo (<5°)	98	98
Moderado (5-25°)	2	2
Total	100	100
Raíz vestibular		
Bajo (<5°)	100	100
Total	100	100

En cuanto a los resultados de la prueba chi cuadrado aplicada para determinar la significancia entre las variables, el p-valor obtuvo un valor extremadamente bajo (mucho menor a 0.05), lo que indica que existe una relación estadísticamente significativa entre las variables analizadas. Esto sugiere que factores como el tipo de diente, el número de raíces y conductos, la clasificación de Vertucci, las variaciones anatómicas y la forma están asociados de manera no aleatoria, mostrando patrones que pueden ser clínicamente relevantes.

Este análisis respalda la hipótesis de que la anatomía dental y sus características están interrelacionadas y no se distribuyen al azar en la población estudiada.

10.DISCUSIÓN

La comparación de los resultados obtenidos en este estudio sobre la morfología del sistema de conductos radiculares de los primeros y segundos molares superiores, primer premolar inferior y el segundo molar inferior revela varias coincidencias y diferencias notables entre los estudios consultados en las bases de datos y de la información sobre las variaciones anatómicas en diferentes poblaciones.

Este estudio descriptivo tuvo como objetivo principal describir las características morfológicas y variaciones anatómicas del sistema de conductos radiculares de dientes permanentes en una subpoblación colombiana evaluados mediante CBCT; para cumplir este objetivo se utilizaron 400 Tomografías de Cone Beam, donde se extrajeron los archivos. dicom en el programa Slicer3d analizando las tomografías en todas sus vistas, identificando el diente y realizando además un proceso de modelado 3D tanto del diente como del sistema de conductos, utilizando vistas superiores como laterales de manera tridimensional; los elementos correctamente modelados se exportaron al programa Rhinoceros para configurar el color y la transparencia deseada; con el programa Rhinoceros se tomó la medición del volumen tanto de los conductos como de los dientes, y se procedió a dar una descripción y clasificación según el tipo de diente.

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) es una herramienta crucial en el estudio y descripción de la morfología del sistema de conductos radiculares debido a su capacidad para ofrecer imágenes tridimensionales de alta resolución y

detalle. Su campo de visión es limitado, pero la resolución espacial es muy buena en todos los planos siendo una de sus principales ventajas que las imágenes se pueden estudiar utilizando diferentes representaciones (reformato multiplanar, representación de superficies en 3D), que se pueden rotar en cualquier plano espacial sin superposición de las estructuras anatómicas; a diferencia de las radiografías convencionales, el CBCT permite observar estructuras complejas y variaciones anatómicas, como conductos accesorios, curvaturas y morfologías en "C" (51).

Se utilizó para el análisis estadístico el método exploratorio de datos para describir la muestra, la prueba Chi-cuadrado para determinar la relación entre las variables y el tipo de diente, y el análisis factorial de correspondencia para relacionar el número de raíces con el tipo de diente, usando el software Real Statistics V9.4.

Al momento de llevarse a cabo un tratamiento de endodoncia generalmente solo se cuenta con una imagen bidimensional que es de difícil interpretación para el clínico debido a la poca y confusa información que esta puede brindar; esto conduce a una mala planeación del tratamiento llevando a cometer errores clínicos durante el tratamiento endodóntico; como lo es la omisión de conductos, que es el segundo error más frecuente (54) durante el tratamiento de endodoncia, por esa razón es de importancia profundizar en el conocimiento de dicha anatomía para realizar los tratamientos de una manera más científica basada en la evidencia. Específicamente en el **primer molar superior** los tratamientos de endodoncia fracasan mayoritariamente por la omisión del segundo conducto mesiovestibular, el

conocimiento de la existencia de un segundo conducto en la raíz mesial ayuda a la preparación y disposición del clínico de encontrar este conducto pues se encuentra presente según los autores como Surabh Barbhai y colaboradores (55) que reportan su presencia en el 68,2% en una revisión sistemática. De la misma manera Claudia Rezende Gomes Alves y colaboradores (56) en Brasil lo reportan en un 68,23%, Qinghua Zheng (57) y colaboradores en una población china en el 52,24%, en otro estudio de Jing Guo y colaboradores (58) informan que en una población norteamericana se encontró en un 64% de prevalencia este segundo conducto en la raíz mesio vestibular.

En la configuración del sistema de conductos radiculares de este estudio, en la raíz mesiovestibular se encontró que es más frecuente la configuración Vertucci TIPO II (2-1) y TIPO IV (2-2) con porcentajes del 43% y 30 % respectivamente; en Colombia de manera similar, autores como Janneth Patricia Ortiz Meneses y colaboradores reportan TIPO II (2-1) y TIPO IV (2-2) en un 41.59 % y 58.40 % respectivamente (59). Con respecto a las variaciones anatómicas, este estudio presentó raíces fusionadas en un 18% como principal hallazgo, además de un conducto mesiovestibular en forma de "C" en el 1%, algunos autores como Jing Guo y colaboradores (58) reportan este hallazgo con el 0.9%, y otros como Jorge NR Martins y colaboradores (60) informan 1% de prevalencia a nivel global. Se considera que hay una falta de evidencia respecto a la anatomía del primer molar superior y de otros dientes que pueden tener una mayor complejidad anatómica.

Para el presente estudio la morfología radicular más observada relacionado con el **segundo molar superior** fue de tres raíces en un 69%, el cual coincide con múltiples estudios realizados previamente en diferentes partes del mundo en donde se presentan en su mayoría tres raíces(61-62-63-64–65). Adicionalmente el presente estudio encontró un grupo de segundos molares superiores que presentaron una raíz, correspondiente a un 5%. En el análisis de número de conductos, el segundo molar superior presentó en su mayoría tres conductos en un 58%, esto es similar con lo encontrado en un estudio realizado en Brasil y una población saudí en donde la presencia de tres conductos alcanzó un 45.09%(63) y 74.6%(62) respectivamente. En cuanto a la clasificación de Vertucci por raíz, los resultados de nuestro estudio demostraron una mayor prevalencia de clasificación tipo I en la raíz mesial del segundo molar superior, difiriendo con los resultados encontrados en un estudio realizado en Egipto en el cual predominó la clasificación Vertucci tipo II(61), para la clasificación Vertucci de las raíces disto-vestibular y palatina la tipo I fue la predominante, resultados que tuvieron similitud con los expresados por Neelakantan y colaboradores (66). Las raíces fusionadas, fue la variación anatómica más frecuente para el segundo molar superior el cual se presentó en un 53%, sin embargo en la literatura no se observó alta prevalencia de esta variación anatómica como le fue para el caso de un estudio realizado en Taiwán en donde alcanzó solo un 29.26%(65), en otros estudios la presencia de esta variación fue mucho menor llegando hasta 8,3%(62) y 3,92% (64) e incluso existen estudios donde no observó prevalencia de esta variación (66).

Mediante la navegación de 100 tomografías de haz cónico de **primer premolar inferior**, en una subpoblación colombiana, se concluyó en este estudio que el 97% presentó una sola raíz, y el 3% 2 raíces, similar a lo descrito en la población egipcia según Hatem A. Alhadainy (39) y contrario a lo que indica Tzu-Yi Lu, en un análisis similar en una población china donde menciona que un 22% de los primeros premolares inferiores cuentan con 2 raíces (68).

Además, el estudio analizó la configuración del conducto radicular, según la clasificación propuesta por Frank J. Vertucci en el año 1984 (67), en donde el 65% presentó un conducto único TIPO I, una configuración Tipo III con una prevalencia de 12%, Tipo V 22%, y por último una conformación Tipo VII de 1% semejante a lo indicado por Na Liu (68) en donde la configuración del conducto de Vertucci Tipo I representó el porcentaje más alto (61,2 %) de todos los tipos de conductos encontrados en este estudio.

Adicional se evidenció la presencia de conducto en forma de C con un 4%, con clasificación C2 y un 3% con clasificación C3 comparable a los resultados descritos en el artículo de Velmurugan N (69) con la presencia de conducto en C con un porcentaje del 2% en una visualización axial. Otro hallazgo significativo es la presencia de bifurcaciones en tercio medio de la raíz que podría generar dificultad de localización e instrumentación de esta zona viéndose comprometido el resultado del tratamiento endodóntico. Finalmente se evidenció una prevalencia de curvatura baja con un 98%.

En este estudio presentado, el 91% de los **segundos molares inferiores** tienen dos raíces, lo cual concuerda con la prevalencia general de estudios en otras poblaciones, que describen como mayoría la presencia de 2 raíces (51,1%-91,4%), (40-43-44-45). Sin embargo, las variaciones poblacionales indican que el porcentaje de raíces únicas en estos molares es más alto en poblaciones asiáticas (22-41%) (40-44), y ligeramente más bajo en caucásicos (9-14%), (40); en la población estudiada no se observa la presencia de raíces únicas, lo que podría ser una diferencia poblacional específica. La mayoría de los segundos molares inferiores de este estudio tienen tres conductos radiculares (66%), lo cual está en línea con el hallazgo general para esta morfología (40-43). No obstante, una proporción significativa también presentó 4 conductos (15%), con una menor presencia 5 conductos (7%) y hasta 6 conductos (1%); la tendencia general según lo reportado en los estudios consultados es hacia los 3 conductos en su mayoría seguido de 2 conductos, sin detallar otras cantidades como en este estudio con excepción de Moazzy y Almansour en el año 2022 quienes reportaron 2 conductos (2,0%) y 1 conducto (0,3%) en una población Saudí, (40); esto sugiere una variabilidad en esta muestra en particular al encontrar mayor porcentaje de 4 conductos. La distribución de conductos en la raíz mesial fue del 82% con 2 conductos, y en la raíz distal predominó un conducto único en el 84% de los casos, esto coincide con la descripción general que en la raíz mesial suelen encontrarse dos conductos y uno en la raíz distal (40-43-44-45). En cuanto a la clasificación de Vertucci, se reveló que el TIPO II es el más común en la raíz mesial (58%), mostrándose como una diferencia importante según las referencias base, donde se sugiere que la mayoría

de los casos para las raíces mesiales presentan el tipo IV (2-2) entre el 57,7% - 78,1%. El TIPO I para la raíz distal es el más común (96,9%) de los casos (40-41-43), alineándose este resultado a la muestra de este estudio donde predomina el TIPO I (77%).

Al referirnos a las variantes anatómicas, el conducto en forma de “C” es notablemente prevalente en el estudio, con un 29%, lo cual es superior a la media general reportada en diversas poblaciones entre el (4,3%-48,7%) en poblaciones de Asia oriental, y entre 3,5 - 10% en poblaciones de América del Sur (40-43-44-45-46-47), esto podría reflejar una tendencia anatómica del sistema de conductos radiculares específica en la muestra colombiana. La presencia de Radix se encuentra en un 11% en este estudio, con Radix Paramolaris y Radix Entomolaris representando el 6% y 5%, respectivamente; esto es considerablemente más alto que los porcentajes observados en estudios de poblaciones brasileñas (3,5%), turcas (3,45%) y asiáticas (1,6%) (41-42-48). La variación en estas raíces adicionales sugiere que la población colombiana podría presentar una frecuencia elevada de Radix en comparación con otras poblaciones sin diferencia significativa entre el tipo de Radix sea Paramolaris o Entomolaris. Las curvaturas radiculares en la raíz mesial, prevalece una curvatura severa ($>25^\circ$) en el 80% de los casos, mientras que en la raíz distal la curvatura es moderada ($5-25^\circ$) en el 47%, con una curvatura baja ($<5^\circ$) en el 38%; este nivel de especificidad en la descripción de curvaturas radiculares se obtuvo mediante el análisis de tomografías CBCT; existe poca evidencia en la literatura para la base comparativa, un estudio en una

población Iraní concluyó que la extensión de las curvaturas de los conductos en segundos molares inferiores varió entre 20° y 31° vestibulo lingualmente y entre 19° y 27° mesiodistalmente (49); mientras que en otro estudio se evidenció que el tercio medio presentó el mayor porcentaje de curvaturas y el mayor promedio de curvatura angular, mientras que el tercio cervical fue el más recto, sin embargo la base de medición aplicada fue a través de radiografías panorámicas digitales lo cual reduce el nivel de precisión (50). Para el análisis del estudio presentado, donde se destacan las curvaturas severas en mayor significancia seguido de las curvaturas moderadas, aporta un detalle clínico relevante.

De esta manera este análisis revela que, aunque los patrones generales de morfología coinciden con los reportados en la literatura, existen variaciones específicas en esta muestra colombiana, como una mayor prevalencia de conductos en “C”, predominio de la configuración de Vertucci TIPO II en la raíz mesial y presencia de Radix en comparación a lo reportado en otras poblaciones. Estos hallazgos subrayan la importancia de estudiar la anatomía radicular de cada población para adaptar los protocolos endodónticos y optimizar los resultados clínicos.

11. CONCLUSIONES

El presente estudio sobre la caracterización de la morfología de los conductos radiculares en una subpoblación colombiana evaluada mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en base a modelos tridimensionales ha permitido llenar un vacío importante en el conocimiento anatómico local. Hasta la fecha, los profesionales en endodoncia en Colombia se han basado mayormente en estudios realizados en otras regiones, lo que no siempre reflejaba las particularidades de la población colombiana. Este trabajo ha aportado información valiosa y detallada que servirá como referencia tanto para la práctica clínica como para futuras investigaciones.

Los resultados obtenidos han revelado varias particularidades destacadas en la anatomía radicular. En los primeros molares superiores, se observó un predominio del 98% de tres raíces y configuraciones tipo II y IV en la raíz mesial en un 43% y 30%, respectivamente. Los segundos molares superiores mostraron una mayor prevalencia de tres raíces (69%), con una notable fusión de raíces en el 53% de los casos. En cuanto a los primeros premolares inferiores, el 97% presentó una sola raíz y una configuración de Vertucci tipo I en el 65% de las muestras. Por otro lado, los segundos molares inferiores destacaron la presencia de dos raíces en el 91% de los casos y una considerable frecuencia de conductos en forma de "C" en un 29%. Estos hallazgos demuestran una diversidad anatómica significativa en la población estudiada, la cual difiere en ciertos aspectos de las descripciones internacionales.

El conocimiento detallado de estas variaciones es esencial para lograr un tratamiento endodóntico exitoso. Los hallazgos de esta investigación pueden optimizar la planificación de tratamientos en Colombia, permitiendo que los endodoncistas puedan prever complicaciones y ajusten sus métodos de manera más precisa. Esto ayudaría a minimizar el riesgo de errores, como la omisión de conductos adicionales y la fractura de instrumentos, mejorando así los resultados clínicos.

Este trabajo es de gran relevancia para la comunidad endodóntica, al establecer una referencia específica sobre la morfología de los conductos radiculares en una subpoblación colombiana. La información presentada no solo servirá como apoyo al desarrollo de mejores prácticas clínicas, sino que también servirá de base para la formación académica y profesional de los endodoncistas. Además, se destaca la importancia de continuar investigando las particularidades anatómicas que puedan influir en los tratamientos endodónticos.

12. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar futuros estudios que incluyan una población más diversa y que abarque diferentes regiones del país aumentando la muestra.

Se recomienda que futuros estudios incluyan el análisis de otros grupos dentales y se realicen comparaciones con datos de poblaciones internacionales para evaluar similitudes y diferencias.

Se recomienda el uso de ayudas tecnológicas en la práctica clínica para el análisis automatizado de imágenes y la detección de patrones anatómicos complejos, esto puede facilitar la planificación de tratamientos personalizados y la capacitación de nuevos profesionales en entornos virtuales.

Se sugiere la colaboración con universidades y centros de investigación para desarrollar protocolos estandarizados de diagnóstico y tratamiento basados en las características anatómicas específicas de la población local.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Niño-Barrera, J., Alzate-Mendoza, D., Olaya-Abril, C., Fernando Gamboa-Martinez, L., Guamán-Laverde, M., Lagos-Rosero, N., Romero-Díaz, A. C., Durán, N., Vanegas-Hoyos, L., & Nino-Barrera, J. (2022). Atypical Radicular Anatomy in Permanent Human Teeth: A Systematic Review. www.begellhouse.com
2. Singh, A., Konark, K., Kumar, A., Nazeer, J., Singh, R., & Singh, S. (2020). Incidence of postoperative flare-ups after single-visit and multiple-visit endodontic therapy in permanent teeth. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 38(1), 79–83.
3. Felix, F. P. V. (2014). Accidents with sodium hypochlorite in Endodontics: A literature review of clinical cases. *Dental Press Endodontics*, 4(3), 57–70. <https://doi.org/10.1590/2178-3713.4.3.057-070.oar>
4. Olczak, K., Pawlicka, H., & Szymański, W. (2022). Root form and canal anatomy of maxillary first premolars: a cone-beam computed tomography study. *Odontology*, 110(2), 365–375.
5. Adrián Cardona-Castro, J., & Fernández-Grisales, R. (2015). Anatomía radicular, una mirada desde la micro-cirugía endodóntica: Revisión Root anatomy, a view from the microsurgery endodontic: Review. In *Rev. CES Odont* (Vol. 28, Issue 2).

6. Segura-Egea, J. J., Gould, K., Şen, B. H., Jonasson, P., Cotti, E., Mazzoni, A., Sunay, H., Tjäderhane, L., & Dummer, P. M. H. (2017). Antibiotics in Endodontics: a review. In *International Endodontic Journal* (Vol. 50, Issue 12, pp. 1169–1184). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/iej.12741>
7. *PREVALENCIA CONFIGURACIÓN VERTUCCI EN COLOMBIA*. (n.d.).
8. Haapasalo M, E. U. Z. H. C. JM. (2005). Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics*, 10(1), 77–102.
9. *INVESTIGACIÓN ODONTOLÓGICA EN COLOMBIA*. (n.d.).
10. *CARACTERIZACIÓN Y PREVALENCIA DE LA CONFIGURACIÓN ANATÓMICA DE LAS RAÍCES Y DEL SISTEMA DE CONDUCTOS EN PREMOLARES*. (n.d.).
11. Martins JNR, Nole C, Ounsi HF, Parashos P, Plotino G, Ragnarsson MF, Aguilar RR, Santiago F, Seedat HC, Vargas W, von Zuben M, Zhang Y, Alfawaz H, Alkhawas MAM, Altaki Z, Berti L, Boveda C, Cassim I, Chaniotis A, Flynn D, Gonzalez JA, Kottoor J, Monroe A, Silva EJNL, Versiani MA. Worldwide Assessment of the Mandibular First Molar Second Distal Root and Root Canal: A Cross-sectional Study with Meta-analysis. *J Endod*. 2022 Feb;48(2):223-233. doi: 10.1016/j.joen.2021.11.009. Epub 2021 Nov 27. PMID: 34848251.

12. Alrahabi M, Zafar MS, Adanir N. Aspects of Clinical Malpractice in Endodontics. Vol. 13, European Journal of Dentistry. Georg Thieme Verlag; 2019. p. 450–8.
13. Siqueira Junior JF, Rôças I das N, Marceliano-Alves MF, Pérez AR, Ricucci D. Unprepared root canal surface areas: Causes, clinical implications, and therapeutic strategies. *Braz Oral Res.* 2018;32:1–19.
14. Matalová E, Lungová V, Sharpe P. Development of Tooth and Associated Structures. In: *Stem Cell Biology and Tissue Engineering in Dental Sciences.* Elsevier Inc.; 2015. p. 335–46.
15. Som PM, Miletich I. Review of the Embryology of the Teeth. *Neurographics.* 2018 Oct 3;8(5):369–93.
16. Foster BL, Nociti FH, Somerman MJ. 8 TOOTH ROOT DEVELOPMENT. 2013.
17. Li J, Parada C, Chai Y. Cellular and molecular mechanisms of tooth root development. Vol. 144, *Development (Cambridge).* Company of Biologists Ltd.; 2017. p. 374–84.
18. Li X, Zhang S, Zhang Z, Guo W, Chen G, Tian W. Development of immortalized Hertwig's epithelial root sheath cell lines for cementum and dentin regeneration 06 Biological Sciences 0601 Biochemistry and Cell Biology. *Stem Cell Res Ther.* 2019 Jan 3;10(1).

19. Balic A, Thesleff I. Tissue Interactions Regulating Tooth Development and Renewal. In: Current Topics in Developmental Biology. Academic Press Inc.; 2015. p. 157–86.
20. Sakano M, Otsu K, Fujiwara N, Fukumoto S, Yamada A, Harada H. Cell dynamics in cervical loop epithelium during transition from crown to root: Implications for Hertwig's epithelial root sheath formation. *J Periodontal Res.* 2013 Apr;48(2):262–7.
21. Abarca Y, Abarca J, Duran M, Parra D, Steinfort K, Zaror C, et al. Root morphology of mandibular molars: A cone-beam computed tomography study. *Folia Morphologica (Poland).* 2020 Jun 2;79(2):327-32.
22. Luder HU. Malformations of the tooth root in humans. Vol. 6, *Frontiers in Physiology.* Frontiers Media S.A.; 2015.
23. Cleghorn BM, Christie WH, Dong CCS. Root and Root Canal Morphology of the Human Permanent Maxillary First Molar: A Literature Review. *J Endod.* 2006 Sep;32(9):813–21.
24. Martins JNR, Alkhawas MBAM, Altaki Z, Bellardini G, Berti L, Boveda C, et al. Worldwide Analyses of Maxillary First Molar Second Mesiobuccal Prevalence: A Multicenter Cone-beam Computed Tomographic Study. *J Endod.* 2018 Nov 1;44(11):1641-1649.e1.
25. Ortiz Meneses, J. P., Forero López, J., Gamboa Martínez, L. F., & Niño Barrera, J. L. (2015). Análisis mediante CBCT de la configuración anatómica de los orificios de la raíz mesial del primer molar maxilar en población

- colombiana / CBCT Analysis of the Anatomical Configuration of First Maxillary Molar Mesial Root Holes in Colombian Population. *Universitas odontologica: revista científica de la Facultad de Odontologica*, 34(73).
26. Adrián Cardona-Castro J, Fernández-Grisales R. Anatomía radicular, una mirada desde la microcirugía endodóntica: Revisión Root anatomy, a view from the microsurgery endodontic: Review. Vol. 28, Rev. CES Odont. 2015.
 27. Xia Y, Qiao X, Ya-Jing H, Yue-Heng L, Zhou Z. Root anatomy and root canal morphology of maxillary second permanent molars in a chongqing population: A cone-beam computed tomography study. *Medical Science Monitor*. 2020 Aug 18;26.
 28. Alamri HM, Mirza MB, Riyahi AM, Alharbi F, Aljarbou F. Root canal morphology of maxillary second molars in a Saudi sub-population: A cone beam computed tomography study. *Saudi Dental Journal*. 2020 Jul 1;32(5):250–4.
 29. Silva EJNL, Nejaim Y, Silva AIV, Haiter-Neto F, Zaia AA, Cohenca N. Evaluation of root channel configuration of maxillary molars in a Brazilian population using cone-beam computed tomographic imaging: An in vivo study. *J Endod*. 2014 Feb;40(2):173–6.
 30. Rouhani A, Bagherpour A, Akbari M, Azizi M, Nejat A, Naghavi N. Cone-Beam Computed Tomography Evaluation of Maxillary First and Second Molars in Iranian Population: A Morphological Study. Vol. 9, *IEJ Iranian Endodontic Journal*. 2014.

31. Martins JNR, Gu Y, Marques D, Francisco H, Caramês J. Differences on the Root and Root Canal Morphologies between Asian and White Ethnic Groups Analyzed by Cone-beam Computed Tomography. *J Endod.* 2018 July 1;44(7):1096–104.
32. Ghobashy AM, Nagy MM, Bayoumi AA. Evaluation of Root and Canal Morphology of Maxillary Permanent Molars in an Egyptian Population by Cone-beam Computed Tomography. *J Endod.* 2017 July 1;43(7):1089–92.
33. Reis AGDAR, Grazziotin-Soares R, Barletta FB, Fontanella VRC, Mahl CRW. Second canal in mesiobuccal root of maxillary molars is correlated with root third and patient age: A cone-beam computed tomographic study. *J Endod.* 2013 May;39(5):588–92.
34. Tzeng LT, Chang MC, Chang SH, Huang CC, Chen YJ, Jeng JH. Analysis of root canal system of maxillary first and second molars and their correlations by cone beam computed tomography. *Journal of the Formosan Medical Association.* 2020 May 1;119(5):968–73.
35. Sierra-Liliana Gloria A, Labarta-Alicia Beatriz A. Investigación Cuadros-María Verónica Evaluación de la Morfología Radicular interna de Premolares inferiores mediante la técnica de diafanización, obtenidos de una población argentina Internal root Canal Morphology assessment through a Diaphonization technique In an Argentine population sample. Vol. 12, *Rev. Cient. Odontol.* 2016.
36. 98-Texto del artículo-238-1-10-20211013.

37. Baisden MK, Kulild JC, Weller RN. Root Canal Configuration of the Mandibular First Premolar. Vol. 18. 1992.
38. Liu X, Gao M, Ruan J, Lu Q. Root Canal Anatomy of Maxillary First Premolar by Microscopic Computed Tomography in a Chinese Adolescent Subpopulation. Biomed Res Int. 2019 Nov.
39. Alhadainy HA. Canal configuration of mandibular first premolars in an Egyptian population. J Adv Res. 2013 Mar;4(2):123–8.
40. Almansour MI, Al-Zubaidi SM, Ezy AS, Madfa AA. Comprehensive evaluation of root and root canal morphology of mandibular second molars in a Saudi subpopulation evaluated by cone-beam computed tomography. BMC Oral Health. 2022 Dec 1;22(1).
41. Rózyło TK, Piskórz MJ, Rózyło-Kalinowska IK. Radiographic appearance and clinical implications of the presence of radix entomolaris and radix paramolaris. Folia Morphologica (Poland). 2014 Nov 28;73(4):449–54.
42. Arora A, Arya A, Chauhan L, Thapak G. Radix Entomolaris: Case Report with Clinical Implication. Int J Clin Pediatr Dent. 2018 Dec;11(6):536–8.
43. Mashyakhy M, Abu-Melha AS. Analysis of Bilateral Symmetry of Root Canal Anatomy in Permanent Dentition: An *In Vivo* CBCT Study in a Saudi Arabian Population. J Contemp Dent Pract. 2021 Aug 1;22(8):867-875. PMID: 34753837.

44. Kim SY, Kim BS, Kim Y. Mandibular second molar root canal morphology and variants in a Korean subpopulation. *Int Endod J.* 2016 Feb;49(2):136-44. doi: 10.1111/iej.12437. Epub 2015 Mar 11. PMID: 25652228.
45. Ahmed HA, Abu-bakr NH, Yahia NA, Ibrahim YE. Root and canal morphology of permanent mandibular molars in a Sudanese population. *Int Endod J.* 2007 Oct;40(10):766-71. doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.1283.x. Epub 2007 Aug 22. Erratum in: *Int Endod J.* 2007 Dec;40(12):1008. PMID: 17714468.
46. Kim M, Kim J, Kim S, Song B, Nam W. Sistema de conductos radiculares en forma de C en segundos molares mandibulares en coreanos evaluado mediante tomografía computarizada de haz cónico. *J Dent Rehabil Appl Sci.* 2016;32:32–7.
47. Von Zuben M, Martins JNR, Berti L, Cassim I, Flynn D, González JA, Gu Y, Kottoor J, Monroe A, Rosas Aguilar R, Marques MS, Ginjeira A. Prevalencia mundial de morfologías en forma de C del segundo molar mandibular evaluado mediante tomografía computarizada de haz cónico. *J. Endod.* 2017;43(9):1442–7.
48. Bhatia S, Kohli S, Parolia A, Yap NHL, Lai CT, Tan EH. Prevalence of molar radix in mandibular permanent molars: an observational study in Malaysian population. *Oral Health Dent Manag.*
49. Akhlaghi NM, Abbas FM, Mohammadi M, Shamloo MR, Radmehr O, Kaviani R, Rakhshan V. Radicular anatomy of permanent mandibular second molars

- in an Iranian population: A preliminary study. *Dent Res J (Isfahan)*. 2016 Jul-Aug;13(4):362-6. doi: 10.4103/1735-3327.187883. PMID: 27605995; PMCID: PMC4993065.
50. Fuentes R, Farfán C, Astete N, Navarro P, Arias A. Distal root curvatures in mandibular molars: analysis using digital panoramic X-rays. *Folia Morphol (Warsz)*. 2018;77(1):131-137. doi: 10.5603/FM.a2017.0066. Epub 2017 Jul 13. PMID: 28703848.
51. Michetti J, Maret D, Mallet JP, Diemer F. Validation of cone beam computed tomography as a tool to explore root canal anatomy. *J Endod*. 2010 Jul;36(7):1187-90. doi: 10.1016/j.joen.2010.03.029. Epub 2010 May 13. PMID: 20630296.
52. Karobari MI, Parveen A, Mirza MB, Makandar SD, Nik Abdul Ghani NR, Noorani TY, Marya A. Root and Root Canal Morphology Classification Systems. *Int J Dent*. 2021 Feb 19;2021:6682189. doi: 10.1155/2021/6682189. PMID: 33679981; PMCID: PMC7910041.
53. Burbano MJ, Cortés-Naranjo DG, Carrillo-Rengifo KJ, Espinosa-Torres EE. Evaluación radiográfica del grado de curvatura y radio en los conductos mesiovestibulares de los primeros molares maxilares. *Odontología*. 2017;19(1):22-32.
54. Nouroloyouni A, Salem Milani A, Etminan A, Noorolouny S, Tavakkol E, Mikaieli Xiavi H, et al. Evaluación por tomografía computarizada de haz cónico de la calidad del tratamiento endodóntico y la prevalencia de errores

- de procedimiento en los molares mandibulares. *Int J Clin Pract* [Internet]. 2023; 2023:1–8. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/ijclp/2023/3558974/>
55. Barbhai S, Shetty R, Joshi P, Mehta V, Mathur A, Sharma T, et al. 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* [Internet]. 2022 [citado el 6 de noviembre de 2024];19(16):10160. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/16/10160>
56. Gomes Alves CR, Martins Marques M, Stella Moreira M, Harumi Miyagi de Cara SP, Silveira Bueno CE, Lascalea CÂ. Second Mesio Buccal Root Canal of Maxillary First Molars in a Brazilian Population in High-Resolution Cone-Beam Computed Tomography. *Iran Endod J*. 2018 Winter;13(1):71-77. doi: 10.22037/iej.v13i1.18007. PMID: 29692839; PMCID: PMC5800445.
57. Zheng Q-H, Wang Y, Zhou X-D, Wang Q, Zheng G-N, Huang D-M. A cone-beam computed tomography study of maxillary first permanent molar root and canal morphology in a Chinese population. *J Endod* [Internet]. 2010;36(9):1480–4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2010.06.018>
58. Guo J, Vahidnia A, Sedghizadeh P, Enciso R. Evaluation of root and canal morphology of maxillary permanent first molars in a north American population by cone-beam computed tomography. *J Endod* [Internet].

2014;40(5):635–9. Disponible en:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0099239914001472>

59. Ortiz Meneses JP, Forero López J, Gamboa Martínez LF, Niño Barrera JL. Análisis mediante tomografías de haz de cono de la configuración anatómica de los orificios de la raíz mesial del primer molar maxilar en población colombiana / Cone Beam Tomographic Analysis of Maxillary First Molar Mesial Root Holes Anatomical Config. Univ Odontol [Internet]. 30 de diciembre de 2015 [citado 6 de noviembre de 2024];34(73):77-86. Disponible en:
<https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revUnivOdontologica/article/view/16045>
60. Martins JNR, Mata A, Marques D, Anderson C, Caramês J. Prevalence and characteristics of the maxillary C-shaped molar. J Endod [Internet]. 2016;42(3):383–9. Disponible en:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0099239915011437>
61. Ghobashy AM, Nagy MM, Bayoumi AA. Evaluation of Root and Canal Morphology of Maxillary Permanent Molars in an Egyptian Population by Cone-beam Computed Tomography. J Endod. 2017 Jul 1;43(7):1089–92.
62. Alamri HM, Mirza MB, Riyahi AM, Alharbi F, Aljarbou F. Root canal morphology of maxillary second molars in a Saudi sub-population: A cone beam computed tomography study. Saudi Dental Journal. 2020 Jul 1;32(5):250–4.

63. Silva EJNL, Nejaim Y, Silva AIV, Haiter-Neto F, Zaia AA, Cohenca N. Evaluation of root canal configuration of maxillary molars in a Brazilian population using cone-beam computed tomographic imaging: An in vivo study. *J Endod.* 2014 Feb;40(2):173–6.
64. Kim Y, Lee SJ, Woo J. Morphology of maxillary first and second molars analyzed by cone-beam computed tomography in a Korean population: Variations in the number of roots and canals and the incidence of fusion. *J Endod.* 2012 Aug;38(8):1063–8.
65. Tzeng LT, Chang MC, Chang SH, Huang CC, Chen YJ, Jeng JH. Analysis of root canal system of maxillary first and second molars and their correlations by cone beam computed tomography. *Journal of the Formosan Medical Association.* 2020 May 1;119(5):968–73.
66. Neelakantan P, Subbarao C, Ahuja R, Subbarao CV, Gutmann JL. Cone-beam computed tomography study of root and canal morphology of maxillary first and second molars in an Indian population. *J Endod.* 2010 Oct;36(10):1622–7.
67. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology* 1 de noviembre de 1984;58(5):589-99.
68. Liu N, Li X, Liu N, Ye L, An J, Nie X, et al. A micro-computed tomography study of the root canal morphology of the mandibular first premolar in a

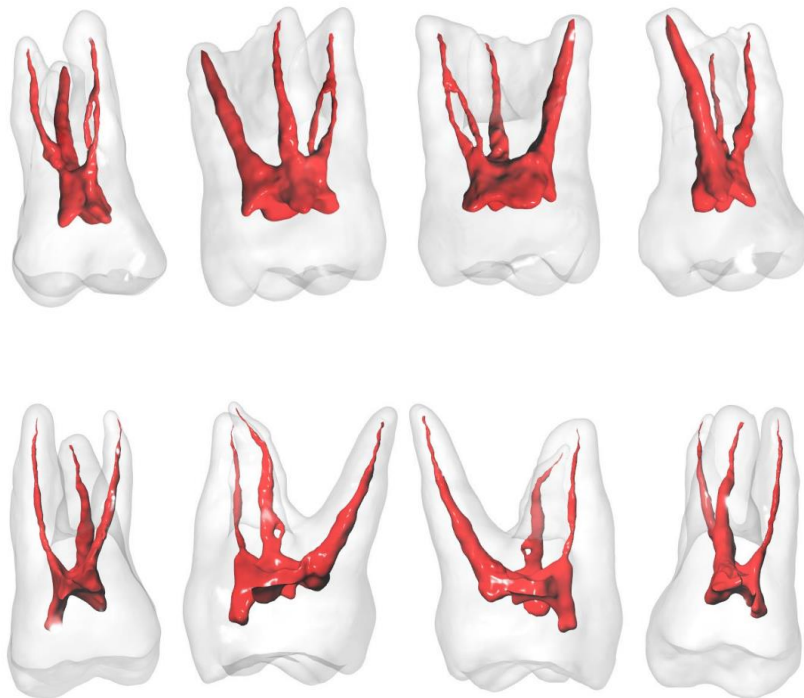
population from southwestern China. *Clinical Oral Investigations* 9 de julio de 2012;17(3):999-1007.

69. Velmurugan N, Sandhya R, Kandaswamy D. Assessment of root canal morphology of mandibular first premolars in the Indian population using spiral computed tomography: An in vitro study. *Indian Journal Of Dental Research* 1 de enero de 2010;21(2):169.

ANEXOS

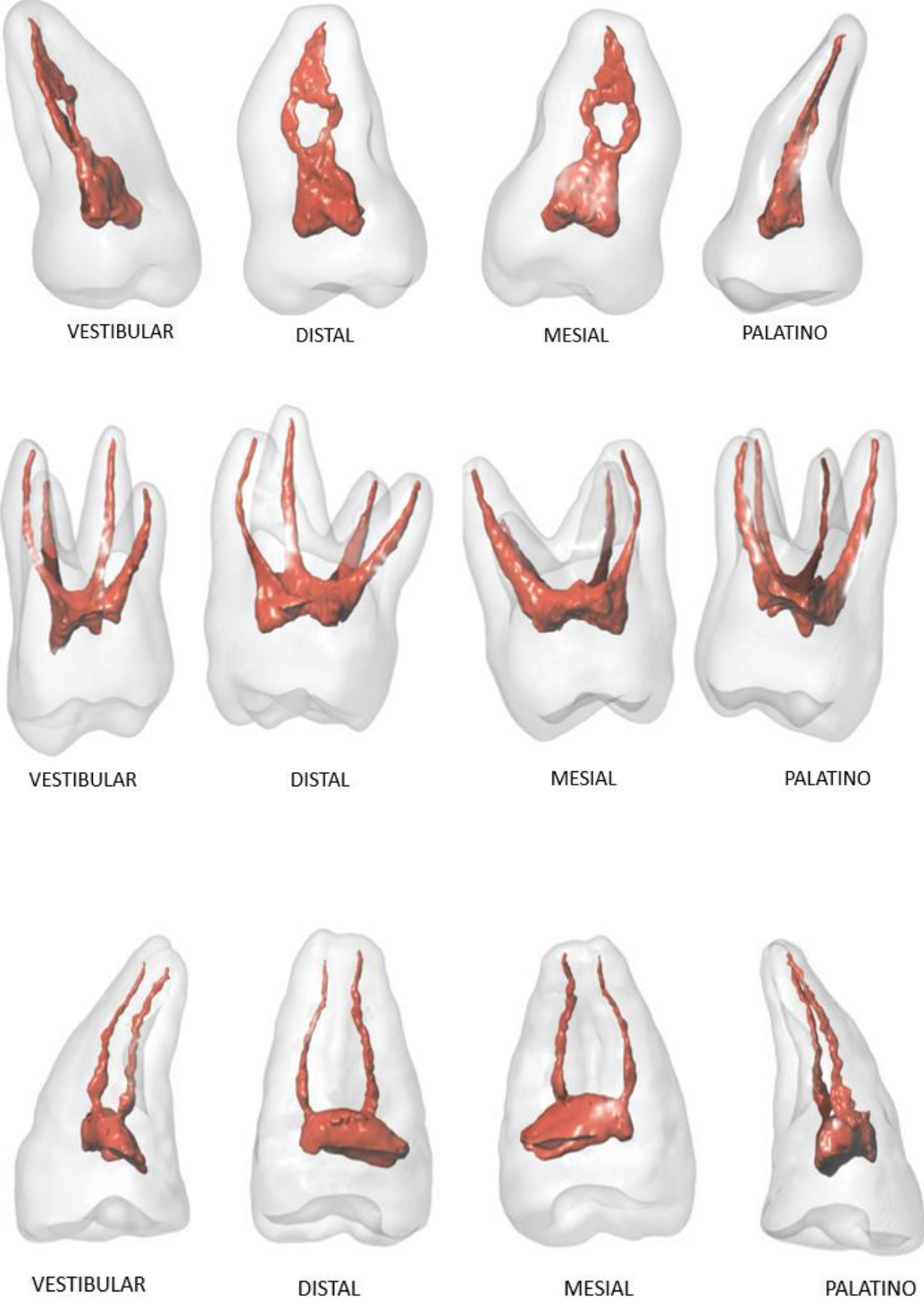
Esta presentación muestra modelos tridimensionales de dientes y sus conductos radiculares, obtenidos a partir de 400 tomografías de haz cónico (CBCT). Los archivos DICOM fueron procesados en Slicer3D para modelar cada diente y su sistema de conductos, visualizados en vistas superiores y laterales en 3D. Posteriormente, los modelos se exportaron a Rhinoceros, donde se ajustaron características de color y transparencia y se midieron los volúmenes de los conductos y dientes. A continuación, se muestran algunos de los modelos más representativos obtenidos.

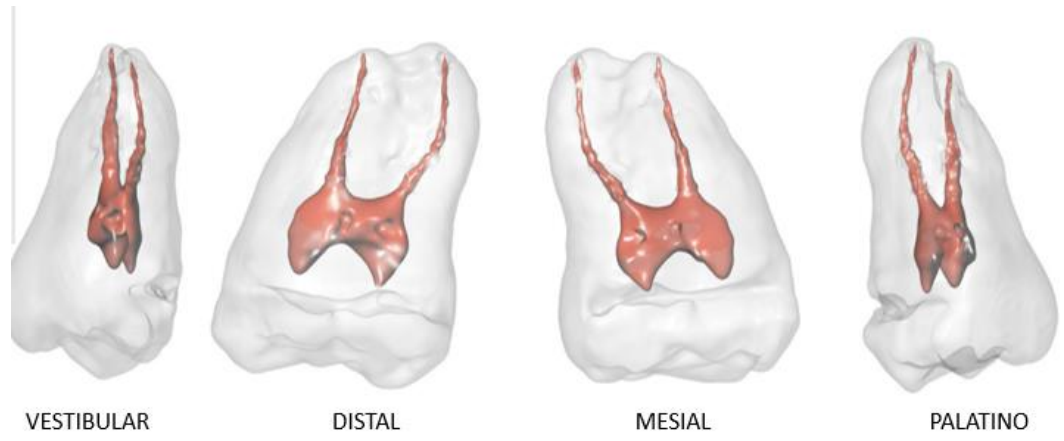
Primer molar superior



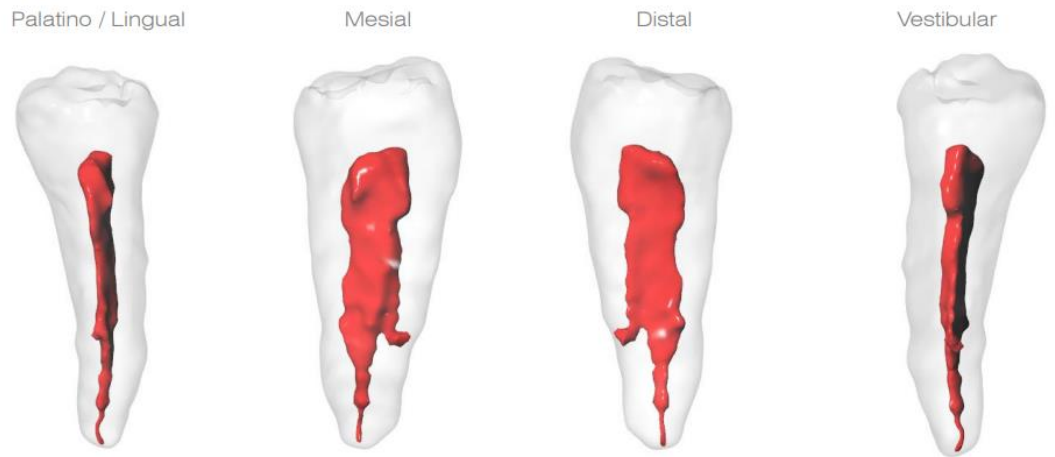


Segundo molar superior





Primer premolar inferior



Palatino / Lingual



Mesial



Distal



Vestibular



Palatino / Lingual



Mesial



Distal



Vestibular



Palatino / Lingual



Mesial



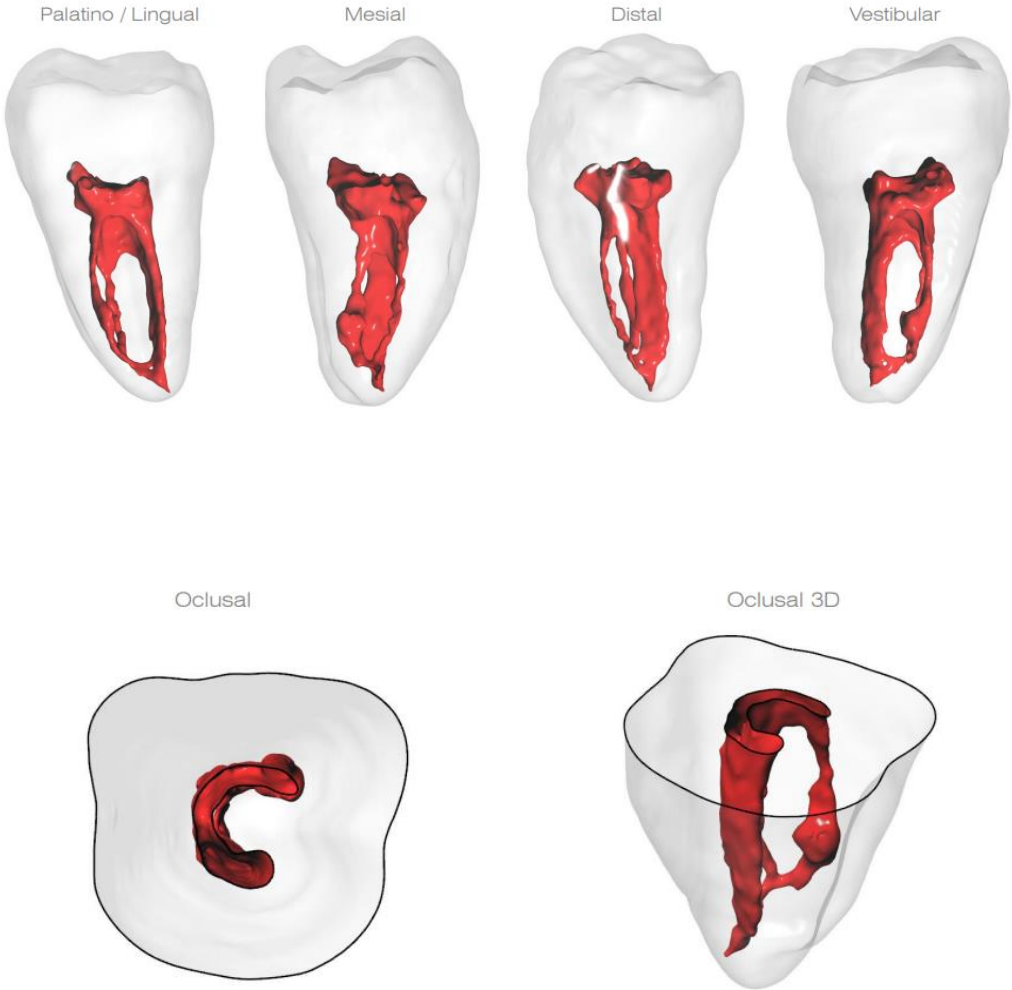
Distal

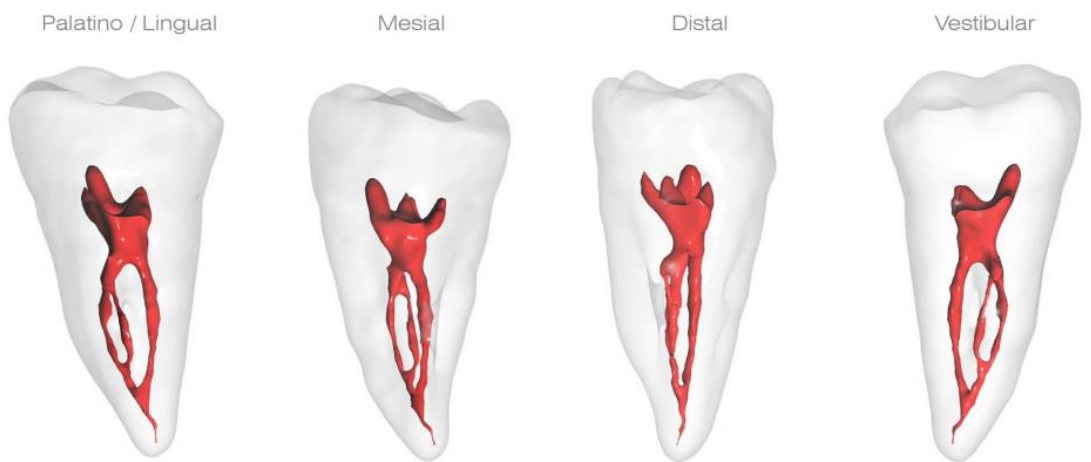
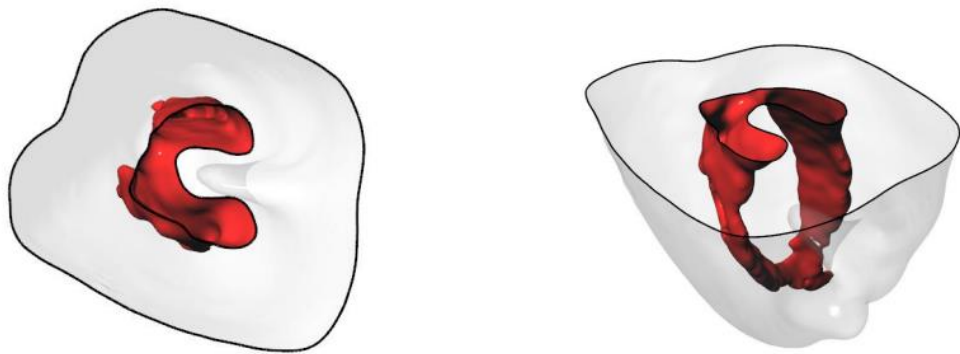
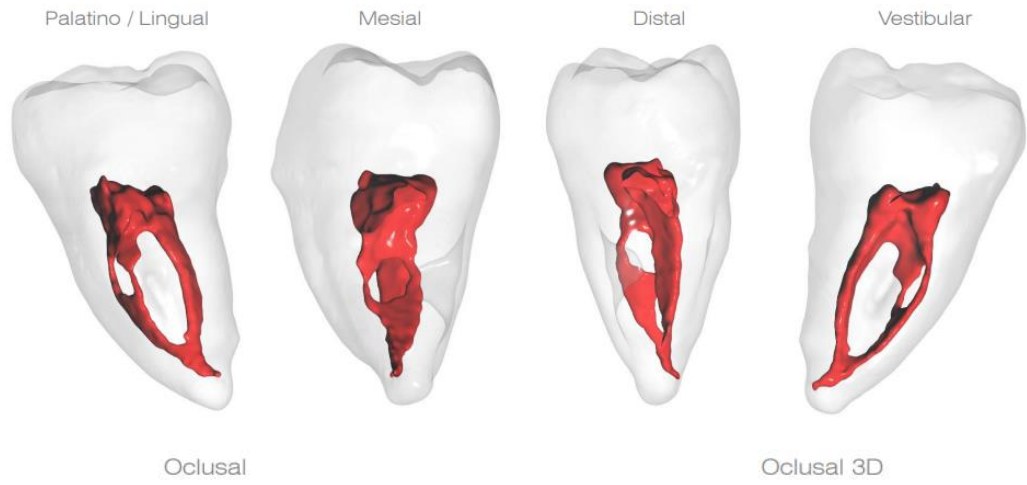


Vestibular

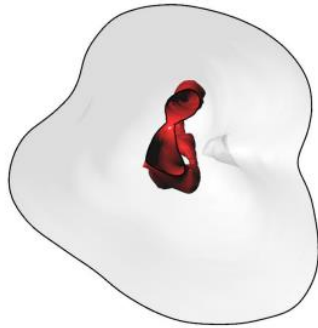


Segundo molar inferior

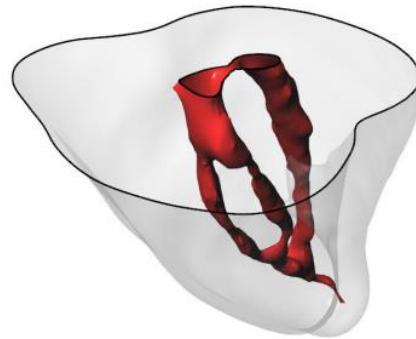




Oclusal



Oclusal 3D



Palatino / Lingual



Mesial



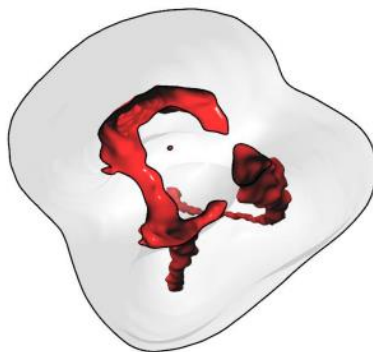
Distal



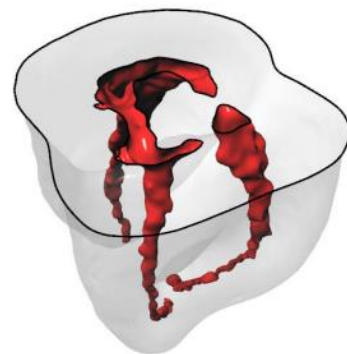
Vestibular



Oclusal



Oclusal 3D



Palatino / Lingual



Mesial



Distal



Vestibular



Palatino / Lingual



Mesial



Distal



Vestibular



Palatino / Lingual



Mesial



Distal



Vestibular



TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN	NATURALEZA	TIPO DE VARIABLE	OPERACIONALIZACIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN
Número	Cantidad de conductos radiculares que salen desde la cámara pulpar y se unen para formar un solo conducto antes de llegar al ápice radicular dental dependiente del número de raíces presentes.	Cuantitativa	Continua	<p>CLASIFICACIÓN DE VERTUCCI Tipo I</p> <p>Un conducto radicular único se extiende desde la cámara pulpar al ápice</p> <p>Tipo II</p> <p>Dos conductos radiculares que salen desde la cámara pulpar y se unen para formar un solo conducto antes de llegar al ápice</p> <p>Tipo III</p> <p>Salen de la cámara pulpar un solo conducto que luego se divide en dos en el interior de la raíz y vuelven a unirse para salir como un único conducto</p> <p>Tipo IV</p> <p>Dos conductos separados e independientes se extienden desde la cámara pulpar al ápice</p> <p>Tipo V</p> <p>Un solo conducto sale de la cámara pulpar y antes de llegar al ápice se divide en dos conductos con forámenes apicales separados</p> <p>Tipo VI</p> <p>Dos conductos radiculares salen de la cámara pulpar, se unen en el cuerpo de la raíz y se dividen nuevamente antes de llegar al ápice para formar conductos separados</p> <p>Tipo VII</p> <p>Un conducto radicular sale de la cámara pulpar, se divide y reúne dentro del cuerpo del conducto y finalmente cerca de ápice se divide en dos conductos</p> <p>Tipo VIII:</p> <p>Tres conductos radiculares distintos y separados se extienden desde la cámara pulpar al ápice.</p>	De Razón	Tomografía CBCT - Modelos 3D
Forma	El espacio del conducto radicular en su dirección a través del eje longitudinal radicular	Cualitativo	Discreto	<p>Evaluación del ángulo de Curatara según Schneider con clasificación de Seidberg: como bajo (<45°) moderado (45°) y severo (≥5-70°)</p>	Nominal/Binomial	Tomografía CBCT - Modelos 3D
VARIABLES ANATÓMICAS	Las variaciones morfológicas ocurren por la interacción de los tejidos durante las fases de desarrollo dental. De acuerdo al periodo en que ocurre esta alteración, el diente podría evidenciar un desarrollo anómalo, ectópico o con alguna combinación de ellos. Las teorías que explican incluyen hiperactividad de HERS (Holzman, 1997). Las teorías de desviación radicular y/o desviación lateral de HERS se relacionan con factores genéticos, poblacionales, sexo, edad o raza.	Cualitativo	Discreto	<p>Variaciones anatómicas en el sistema de conductos radiculares: Delatas apicales, conductos laterales, conductos en forma de C, radientomolares, radix paramolares, fusión de raíces, etc.</p>	Nominal/polinomial	Tomografía CBCT - Modelos 3D

Tabla 2.

Tabla 2. Numero de raíces

	N	%
PRIMER MOLAR SUPERIOR		
Dos raíces	1	1
Tres raíces	98	98
Total	100	100
SEGUNDO MOLAR SUPERIOR		
Dos raíces	26	26
Tres raíces	69	69
Una raíz	5	5
Total	100	100
SEGUNDO MOLAR INFERIOR		
Dos raíces	91	91
Tres raíces	8	8
Cuatro raíces	1	1
Total	100	100
PRIMER PREMOLAR INFERIOR		
Raíz única	97	97
Dos raíces	3	3
Total	100	100

Tabla 3.**Tabla 3. Numero de conductos**

	n	%
PRIMER MOLAR SUPERIOR		
Numero de conductos en la totalidad del sistema de conductos radiculares		
Tres conductos	16	16
Cuatro conductos	73	73
Cinco conductos	9	9
Total	100	100
Numero de conductos en cada raíz		
Raíz mesial		
Un conducto	18	18
Dos conductos	43	43
Tres conductos	30	30
Total	100	100
Raíz distal		
Un conducto	94	94
Dos conductos	4	4
Total	100	100
SEGUNDO MOLAR SUPERIOR		
Numero de conductos en la totalidad del sistema de conductos radiculares		
Dos conductos	18	18
Tres conductos	58	58
Cuatro conductos	21	21
Cinco conductos	1	1
Un conducto	2	2
Total	100	100
Numero de conductos en cada raíz		
Raíz mesial		
Un conducto	68	68
Dos conductos	32	32
Total	100	100
Raíz distal		
Un conducto	75	75
Dos conductos	2	2
N/A	23	23
Total	100	100
Raíz Palatina		
Un conducto	96	96
Dos conductos	1	1
N/A	3	3
Total	100	100

SEGUNDO MOLAR INFERIOR		
Numero de conductos en la totalidad del sistema de conductos radiculares		
Dos conductos	11	11
Tres conductos	66	66
Cuatro conductos	15	15
Cinco conductos	7	7
Seis conductos	1	1
Total	100	100
Numero de conductos en cada raíz		
Raíz mesial		
Un conducto	12	12
Dos conductos	82	82
Tres conductos	6	6
Total	100	100
Raíz distal		
Un conducto	84	84
Dos conductos	13	13
Tres conductos	3	3
Total	100	100
RADIX		
Un conducto	6	75
Dos conductos	2	25
Total	8	100
PRIMER PREMOLAR INFERIOR		
Numero de conductos en la totalidad del sistema de conductos radiculares		
Conducto único	64	64
Dos conductos	36	36
Total	100	100
Numero de conductos en cada raíz		
Raíz palatina		
Conducto único	65	65
Dos conductos	35	35
Total	100	100
Raíz vestibular		
Un conducto	100	100
Total	100	100

Tabla 4.**Tabla 4.** *Distribución de conductos por raíz en cada diente*

Distribución primer molar superior	n	%
<i>3 raíces</i> <u>4 conductos</u> <ul style="list-style-type: none">• 1 mesovestibular• 1 distovestibular• 1 palatino	72	72%
<i>3 raíces</i> <u>3 conductos</u> <ul style="list-style-type: none">• 1 mesovestibular• 1 distovestibular• 1 palatino	17	17%
<i>3 raíces</i> <u>5 conductos</u> <ul style="list-style-type: none">• 2 mesovestibular• 2 distovestibular• 1 palatino	7	7%
<i>3 raíces</i>	1	1%

<u>5 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 2 mesovestibular • 1 distovestibular • 2 palatino 		
3 raíces <u>5 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 1 mesovestibular • 2 distovestibular • 2 palatino 	1	1%
2 raíces <u>4 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 2 mesovestibular • 1 distovestibular • 1 palatino 	1	1%
1 raíz única <u>1 conducto único</u>	1	1%

Distribución segundo molar superior	n	%
<p><i>3 raíces</i></p> <p><u>3 conductos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 mesovestibular • 1 distovestibular • 1 palatino 	55	55%
<p><i>3 raíces</i></p> <p><u>4 conductos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 mesovestibular • 1 distovestibular • 1 palatino 	21	21%
<p><i>2 raíces</i></p> <p><u>2 conductos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 vestibular • 1 palatino 	16	16%
<p><i>2 raíces</i></p> <p><u>3 conductos</u></p>	4	4%

<ul style="list-style-type: none"> • 2 vestibular • 1 palatino 		
<i>Raíz única</i> <u>1 conducto</u>	2	2%
<i>Raíz única</i> <u>2 conductos</u>	1	1%
Distribución segundo molar inferior	n	%
<i>3 raíces</i> <u>3 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 1 mesovestibular • 1 distovestibular • 1 palatino 	55	55%
<i>3 raíces</i> <u>4 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 2 mesovestibular • 1 distovestibular 	21	21%

<ul style="list-style-type: none"> • 1 palatino 		
<i>2 raíces</i> <u>2 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 1 vestibular • 1 palatino 	16	16%
<i>2 raíces</i> <u>3 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 2 vestibular • 1 palatino 	4	4%
<i>Raíz única</i> <u>1 conducto</u>	2	2%
<i>Raíz única</i> <u>2 conductos</u>	1	1%
Distribución primer premolar inferior	n	%
<i>1 raíz</i> <u>1 conducto</u>	64	64%
<i>1 raíz</i> <u>2 conductos</u> <ul style="list-style-type: none"> • 1 lingual 	33	33%

· 1 vestibular		
<i>2 raíces</i> <u>2 conductos</u>		
· 1 vestibular	3	3%
· 1 lingual		
Total	100	100%

Tabla 5.**Tabla 5. Clasificación de Vertucci**

	n	%
PRIMER MOLAR SUPERIOR		
Raíz mesial		
TIPO I	18	13
TIPO II	43	58
TIPO III	7	7
TIPO IV	30	30
Total	100	100
Raíz distal		
TIPO I	94	94
TIPO II	4	4
Total	100	100
Raíz palatina		
TIPO I	94	94
TIPO II	4	4
TIPO V	2	2
Total	100	100
SEGUNDO MOLAR SUPERIOR		
Raíz mesial		
TIPO I	68	68
TIPO II	16	16
TIPO III	4	4
TIPO IV	9	9
TIPO V	2	2
TIPO VI	1	1
Total	100	100
Raíz distal		
TIPO I	75	75
TIPO II	1	1
TIPO IV	1	1
N/A	23	23
Total	100	100
PALATINA		
TIPO I	96	96
TIPO II	1	1
N/A	3	3
Total	100	100
SEGUNDO MOLAR INFERIOR		
Raíz mesial		
TIPO I	13	13
TIPO II	58	58
TIPO III	9	9
TIPO IV	10	10
TIPO V	2	2
TIPO VI	1	1

TIPO VII	1	1
TIPO IX	1	1
TIPO X	1	1
TIPO XII	2	2
TIPO XVIII	2	2
Total	100	100
Raíz distal		
TIPO I	77	77
TIPO II	7	7
TIPO III	7	7
TIPO IV	1	1
TIPO V	5	5
TIPO VII	1	1
TIPO XVI	1	1
TIPO XVII	1	1
Total	100	100
RADIX		
TIPO I	6	75
TIPO II	2	25
Total	8	100
PRIMER PREMOLAR INFERIOR		
Raíz palatina		
TIPO I	65	65
TIPO III	12	12
TIPO V	22	22
TIPO VII	1	1
Total	100	100
Raíz vestibular		
TIPO I	100	100
Total	100	100

Tabla 6.**Tabla 6.** *Variaciones anatómicas*

	n	%
PRIMER MOLAR SUPERIOR		
Raíces fusionadas	18	18
Conducto en C	1	1
Sin variaciones anatómicas	81	81
Total	100	100
Variable	n	%
SEGUNDO MOLAR SUPERIOR		
Raíces fusionadas	53	53
Una sola raíz	4	4
Taurodontismo	1	1
N/A	42	42
Total	100	100
SEGUNDO MOLAR INFERIOR		
Raíces fusionadas	7	7
Conducto en C	29	29
Conducto en C Raíces fusionadas	10	10
Doble curvatura	10	10
Radix paramolaris	4	4
Radix entomolaris	3	3
Conducto en C Radix paramolaris	1	1
Sin variaciones anatómicas	36	36
Total	100	100
PRIMER PREMOLAR INFERIOR		
Conducto en C	6	86
Conducto recurrente	1	14
Sin variaciones anatómicas	93	
Total	100	100

Tabla 7.

Tabla 7. Clasificación de conductos en "C"

	N	%
SEGUNDO MOLAR INFERIOR		
Raíz mesial		
Tercio cervical		
C1	23	77
C2	3	10
C3	3	7
C4	2	7
Total	100	100
Tercio medio		
C1	13	43
C2	5	17
C3	12	40
Total	35	100
Tercio apical		
C1	5	17
C3	5	17
C4	20	67
Total	35	100
Raíz distal		
Tercio cervical		
C1	25	69
C2	3	8
C3	1	3
C4	7	19
Total	35	100
Tercio medio		
C1	20	57
C2	5	14
C3	7	20
C4	3	9
Total	35	100
Tercio medio		
C1	3	9
C2	1	3
C3	5	14
C4	26	74
Total	35	100
PRIMER PREMOLAR INFERIOR		
Raíz única		
Tercio medio		
C2	4	4
C3	3	3
Total	100	100

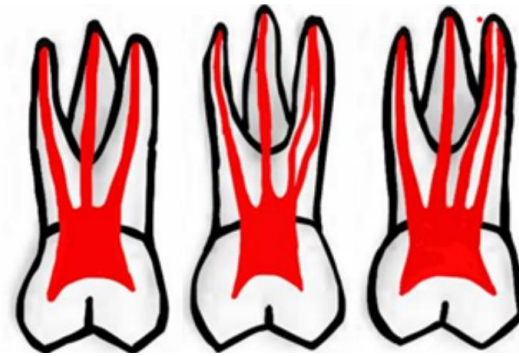
Tabla 8.**Tabla 8.** *Forma de la raíz*

	n	%
PRIMER MOLAR SUPERIOR		
Raíz mesial		
Bajo (<5°)	29	29
Moderado (5-25°)	42	42
Severo (>25°)	28	28
N/A	1	1
Raíz distal		
Bajo (<5°)	28	20
Moderado (5-25°)	40	42
Severo (>25°)	29	28
N/A	3	3
Raíz palatina		
Bajo (<5°)	66	66
Moderado (5-25°)	21	21
Severo (>25°)	10	10
N/A	3	3
TOTAL	100	100
SEGUNDO MOLAR SUPERIOR		
Raíz mesial		
Bajo (<5°)	46	46
Moderado (5-25°)	13	13
Severo (>25°)	41	41
Total	100	100
Raíz distal		
Bajo (<5°)	52	52
Moderado (5-25°)	17	17
Severo (>25°)	8	8
N/A	23	23
Raíz Palatina		
Bajo (<5°)	85	85
Moderado (5-25°)	6	6
Severo (>25°)	6	6
N/A	3	3
Total	100	100
SEGUNDO MOLAR INFERIOR		
Raíz mesial		
Bajo (<5°)	5	5
Moderado (5-25°)	15	15
Severo (>25°)	80	80
Total	100	100
Raíz distal		
Bajo (<5°)	38	38

Moderado (5-25°)	47	47
Severo (>25°)	15	15
Total	100	100
RADIX		
Bajo (<5°)	3	37.5
Moderado (5-25°)	2	25
Severo (>25°)	3	37.5
Total	8	100
PRIMER PREMOLAR INFERIOR		
Raíz única		
Bajo (<5°)	98	98
Moderado (5-25°)	2	2
Total	100	100
Raíz vestibular		
Bajo (<5°)	100	100
Total	100	100

ILUSTRACIONES

Figura 1.



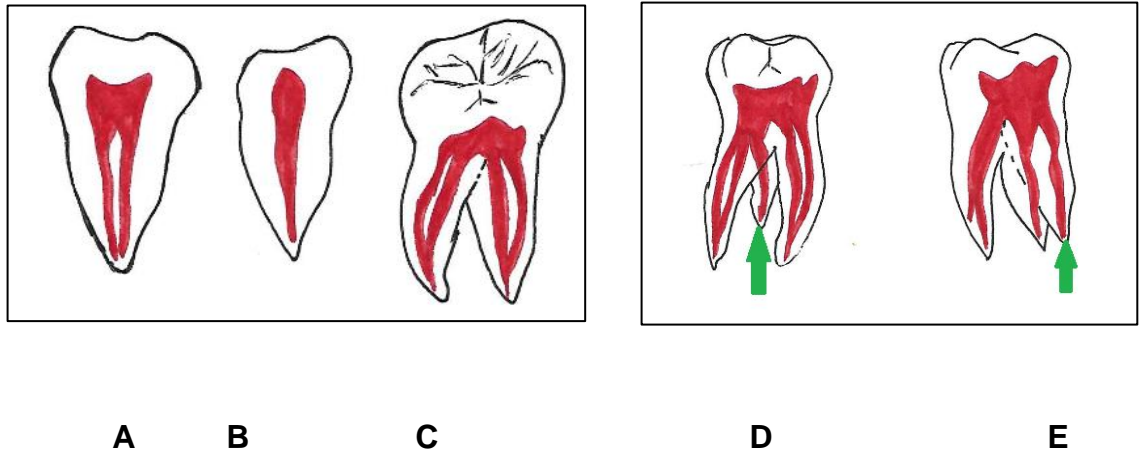
A

B

C

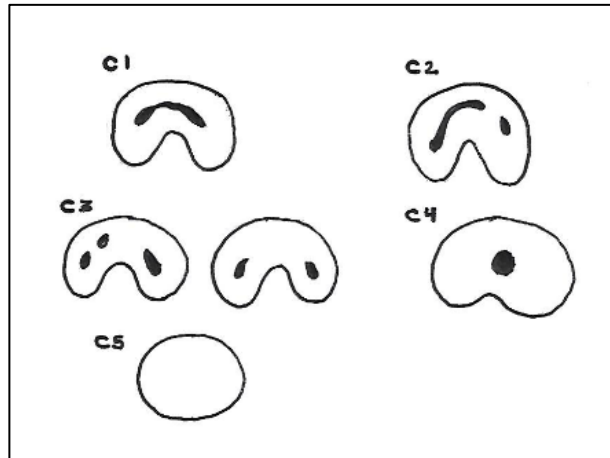
Clasificación de Vertucci. Primer molar superior. Naranjo D, Caycedo J, Camacho J. Vista vestibular de un primer molar superior. figura A se observa variación tipo I en raíz mesiovestibular, figura B variación tipo IV en raíz mesiovestibular, figura C Variación tipo II en raíz mesiovestibular.

Figura 2.



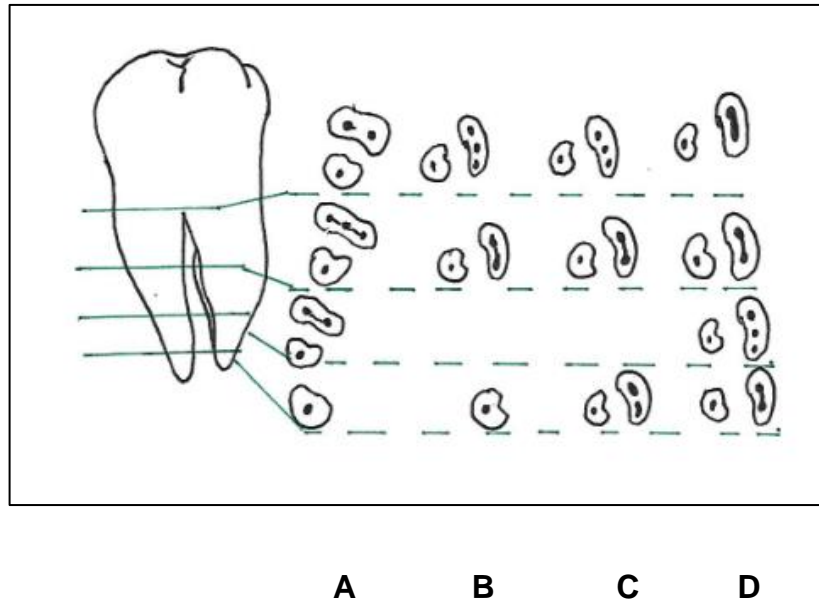
Clasificación de Vertucci. Segundo Molar Inferior. Contreras M, Pestana J, Suárez J. A. Vista mesial de la raíz mesial Tipo IV; B. Vista distal de la raíz distal Tipo I; C. Vista vestibular Tipo II en ambas raíces. D. Tercera raíz adicional conducto único Radix Entomolaris distolingual (flecha); E. Radix Paramolaris mesiovestibular (flecha).

Figura 3.



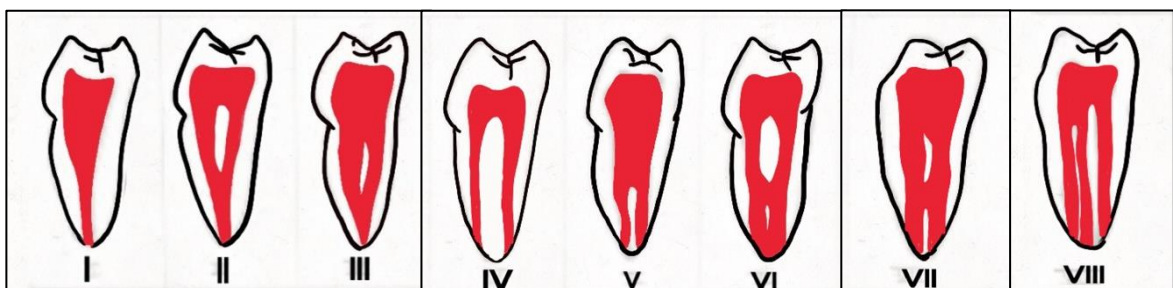
Clasificación de conductos en forma de "C". Contreras M, Pestana J, Suárez J. C1 La forma en C es continua; C2 Forma de C con una interrupción o semicolon; C3 Dos o tres conductos separados o discretos; C4 Conducto único redondo u oval; C5 No se puede observar la luz dentro del conducto.

Figura 4.



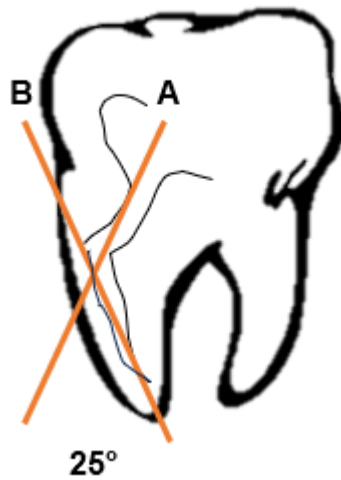
Variaciones de los conductos en forma de "C". Contreras M, Pestana J, Suárez J. Obsérvese la raíz cónica o fusionada: A. Configuración 2-3-2-1, B. configuración 3-2-1, C. configuración 3-2 Y D. configuración 1-2-3-2.

Figura 5.



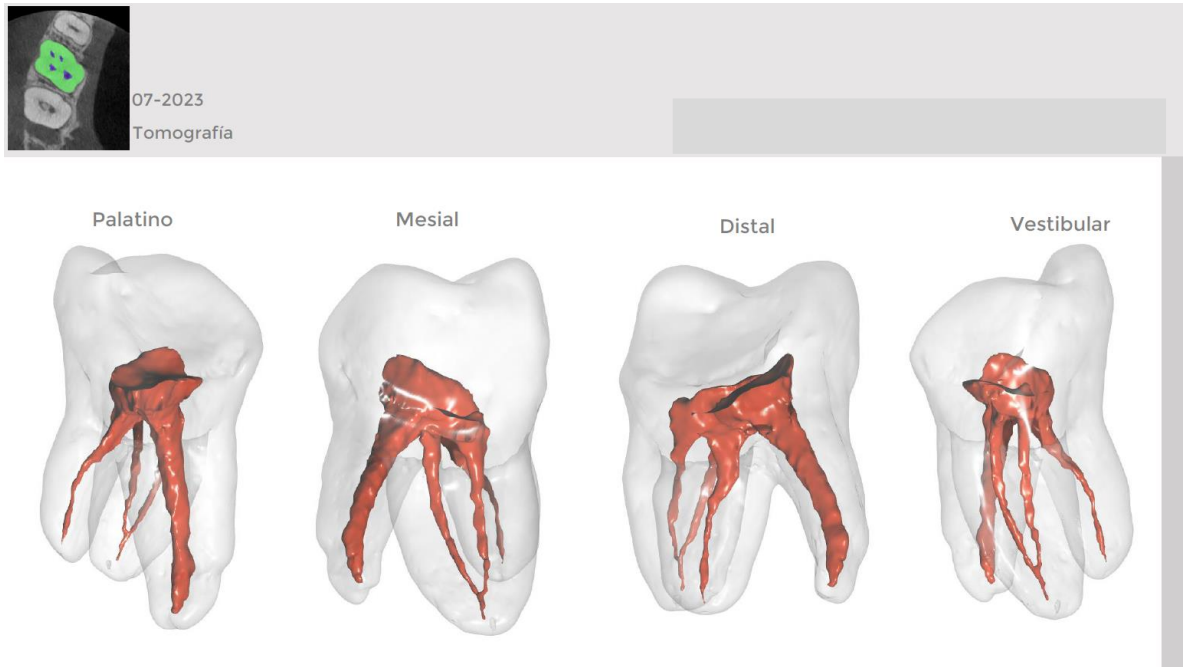
Clasificación de Vertucci. Moya J, Suárez L.

Figura 6.



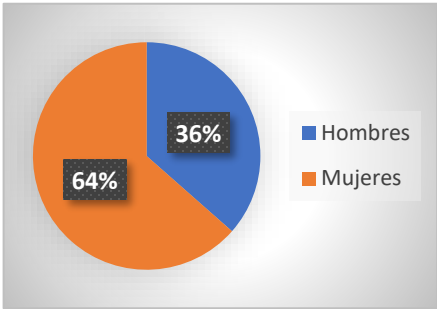
Evaluación del ángulo de Curvatura según Schneider. Suárez J. Considerado como bajo ($<5^\circ$), moderada ($5-25^\circ$) y severo ($25-70^\circ$).

Figura 7.



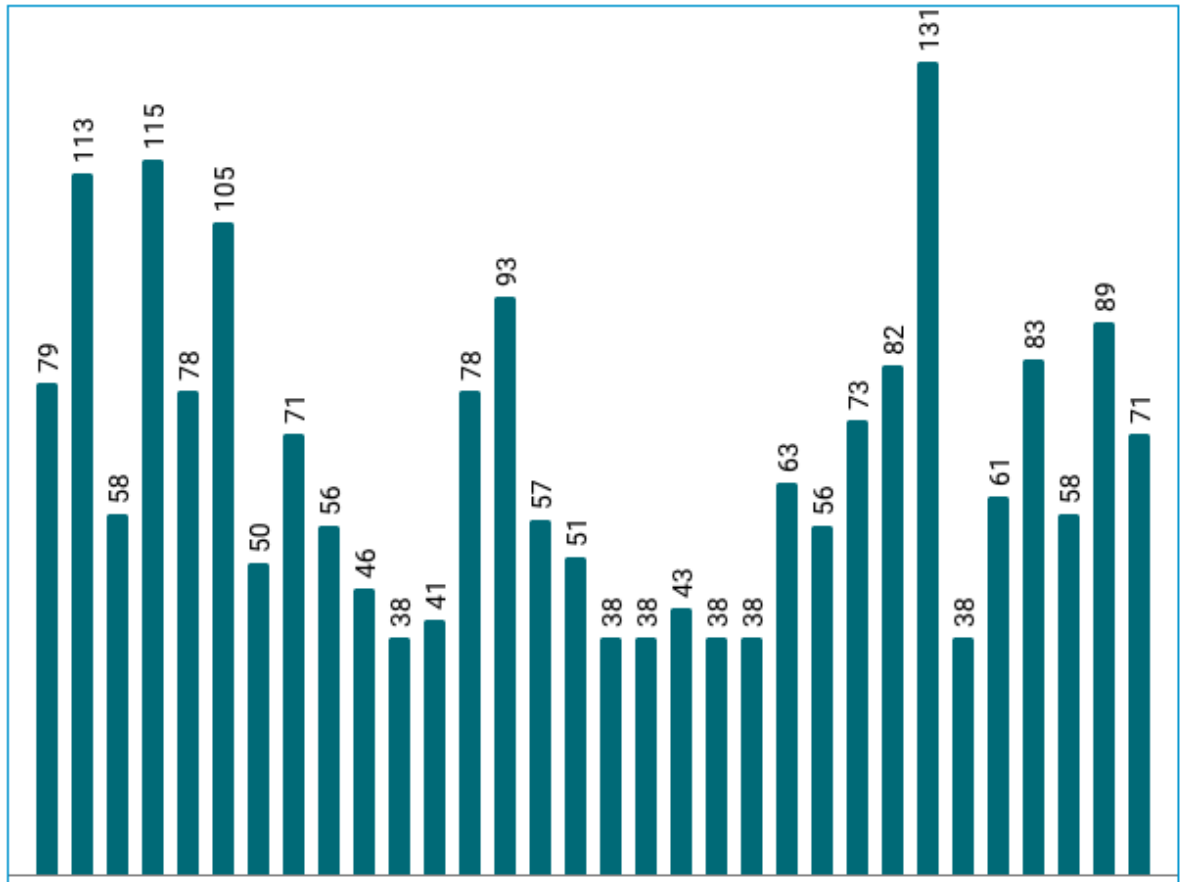
Modelo piloto, elaborado en el mes de agosto del año 2023. Obsérvese la sensibilidad y especificidad obtenida del sistema de conductos radiculares en todas sus vistas.

Grafica 1.



Distribución por genero

Gráfica 2.



Longitudes en milímetros de las 33 muestras que presentaron bifurcaciones de conductos radiculares.